



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

# **SURVEI BATIMETRI DI PERAIRAN DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN WAHANA USV (*UNMANNED SURFACE VEHICLE*)**

OKTA FERRISKA  
NRP 3513 100 055

Dosen Pembimbing  
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khomsin, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - RG141536**

**SURVEI BATIMETRI DI PERAIRAN DANGKAL DENGAN  
MENGUNAKAN WAHANA USV (*UNMANNED SURFACE  
VEHICLE*)**

**OKTA FERRISKA**  
NRP 3513 100 055

Dosen Pembimbing  
Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khomsin, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**FINAL ASSIGNMENT - RG141536**

# **BATIMETRY SURVEYS IN SHALLOW WATER USING USV (*UNMANNED SURFACE VEHICLE*)**

**OKTA FERRISKA**  
**NRP 3513 100 055**

**Supervisor**  
**Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.**  
**Khomsin, S.T., M.T.**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTEMENT**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2017**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# **SURVEI BATIMETRI DI PERAIRAN DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN WAHANA USV (*UNMANNED SURFACE VEHICLE*)**

**Nama Mahasiswa** : Okta Ferriska  
**NRP** : 3513 100 055  
**Departemen** : Teknik Geomatika FTSP – ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Danar Guruh P. , S.T., M.T., Ph.D.  
2. Khomsin, S.T., M.T.

## **Abstrak**

USV ( *Unmanned Surface Vehicle*) adalah suatu wahana tanpa awak di permukaan air yang dapat digunakan untuk keperluan survey batimetri. Hal ini dikarenakan wahana USV memiliki kelebihan dalam hal fleksibilitas, efisiensi, dan efektifitas.

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan perancangan, pembuatan, dan penggunaan wahana USV (*Unmanned Surface Vehicle*) yang dilengkapi dengan sensor akustik (*down imaging* dan *side imaging*) untuk survei batimetri di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

Survei batimetri di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur dilakukan pada tanggal 25 Maret 2017. Hasil dari survey batimetri ini yaitu, Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, Visualisasi 3D Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, dan Peta Mosaik *Side Scan Sonar* Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Selain menghasilkan 3 luaran peta, penelitian ini juga melakukan analisa terkait penggunaan wahana USV untuk survei batimetri, analisa kedalaman data *down imaging* yang bersilangan antara jalur utama dan jalur silang berdasarkan *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44, 1989*, dan identifikasi objek yang terdapat pada dasar Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

Hasil dari penggunaan wahana USV dalam survei batimetri di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, wahana yang digunakan, yaitu HIMAGE USV I, memiliki keunggulan terkait sensor akustik yang digunakan dan tipe wahana yang dibuat, namun masih memiliki kendala pada bagian sistem pendingin mesin, alarm baterai dan pengontrolan wahana untuk keteraturan jalur pemeruman. Hasil dari verifikasi kedalaman data *down imaging* dengan diambilnya 6 sampel data kedalaman yang bersilangan antara jalur utama dan lajur silang, didapatkan bahwa dari 6 sampel data, semua data dapat dikategorikan masuk kedalam orde 1 pada akurasi kedalaman menurut *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44, 1989*. Sedangkan untuk hasil analisa peta mosaik *side scan sonar*, dapat dikatakan bahwa pada permukaan dasar Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, ditutupi oleh pasir, lumpur dan tanah liat, tidak ditemukan bangkai kapal, besi atau benda keras berukuran besar lainnya.

*Kata kunci* — Survei Batimetri, USV (*Unmanned Surface Vehicle*), Peta Batimetri, Visualisasi 3D Batimetri, Peta Mosaik *Side Scan Sona*



## **BATIMETRY SURVEYS IN SHALLOW WATER USING USV (UNMANNED SURFACE VEHICLE)**

**Name** : Okta Ferriska  
**Reg. Number** : 3513 100 055  
**Department** : Geomatics Engineering FTSP – ITS  
**Supervisor** : 1. Danar Guruh P. , S.T., M.T., Ph.D.  
2. Khomsin, S.T., M.T.

### **Abstract**

*USV (Unmanned Surface Vehicle) is an unmanned vehicle on surface water that can be used for bathymetry survey. This is because the USV has advantages in terms of flexibility, efficiency, and effectiveness.*

*In this final assignment, the author start to design, manufacture and using the USV (Unmanned Surface Vehicle) vehicle equipped with acoustic sensors (down imaging and side imaging) for bathymetry survey at Ranu Grati Lake, Pasuruan District, East Java.*

*The bathymetry survey at Ranu Grati Lake, Pasuruan District, East Java was held on March 25, 2017. The results of this bathymetry survey are Bathymetry Map of Ranu Grati Lake, Pasuruan District, East Java; 3D Visualization of Ranu Grati Lake, Pasuruan District, East Java, And Side Scan Sonar Mosaic Map of Ranu Grati Lake, Pasuruan District, East Java. Beside the 3 maps resulted, this study also evaluating the bathymetry surveys using USV, depth analysis of down imaging data between the main and cross paths based on Standards for Hydrographic Surveys (IHO) 3rd Edition, Special Publication No.44, 1989 , And also identify the object located on bed surface of Ranu Grati lake, Pasuruan District, East Java.*

*The analysis of bathymetry surveys using USV at Ranu Grati Lake, Pasuruan District, East Java, the USV has an advantage over the acoustic sensors used and the type of vehicle*

*that are made, but still has constraints on the engine cooling system, battery alarm, and vehicle controls for better survey tracks. The result of verification of depth down imaging data with 6 samples of cross-linked depth data between main line and cross line, found that from 6 sample data, all data can be categorized into order 1 on depth accuracy according to Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition , Special Publication No.44, 1989. And for the results of side scan analysis sonar mosaic map, it can be said that on the surface of Lake Ranu Grati, Pasuruan, East Java, covered by sand, mud and clay, and there is no shipwrecks, iron or other larger hard objects.*

*Keyword : Bathymetry Survey, USV (Unmanned Surface Vehicle), Bathymetry Map, 3D Visualization, Side Scan Sonar Mosaic Map*

## LEMBAR PENGESAHAN

### **SURVEI BATIMETRI DI PERAIRAN DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN WAHANA USV (*UNMANNED SURFACE VEHICLE*)**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi Strata-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

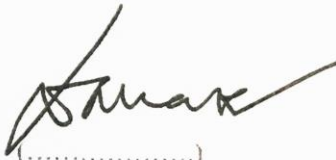
**OKTA FERRISKA**

NRP. 3513 100 055

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.

NIP.19800507 200312 1 001

  
(.....)

Khomsin, S.T., M.T

NIP.19750705 200012 1 001

  
(.....)



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk tugas akhir yang berjudul ***“Survei Batimetri di Perairan Dangkal dengan Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle)”*** ini dengan baik.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan kepada penulis.
2. Ir. Samsu Hasan dan Fetty Satryani, S.Sos selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan moral maupun materil yang tak henti-hentinya dan yang selalu memberikan doa demi kelancaran pengerjaan tugas akhir anaknya.
3. Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika FTSP ITS Surabaya.
4. Ira Mutiara Anjasmara, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali penulis.
5. Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D. dan Khomsin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dalam penelitian tugas akhir ini.
6. Chaerudin, S.T., M.T. , Syahronny dan Luqman dari PT. Timah (Persero) Tbk yang sudah membantu saya dalam pembuatan wahana *USV* dari awal hingga akhir.
7. Steven Sutcomb (CTI Technical Support Staff) dari Chesapeake Technology yang telah membimbing saya dalam pengolahan data *side scan sonar*.

8. Mahasiswa Departemen Teknik Geomatika ITS angkatan 2013 yang sudah menjadi rekan, sahabat bahkan keluarga penulis selama menempuh masa perkuliahan.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan penelitian laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan laporan ini kedepannya.

Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih atas semua bantuan dan kesempatan yang telah diberikan kepada penulis, semoga penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	1
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1. Survei Batimetri .....	3
2.2. USV ( <i>Unmanned Surface Vehicle</i> ) .....	3
2.3. Pembangunan Wahana USV .....	3
2.4. Kapal Katamaran .....	4
2.5. Sonar .....	5
2.6. <i>Single-Beam Echosounder</i> .....	6
2.7. <i>Side Scan Sonar</i> .....	8
2.8. Standar Pengukuran Batimetri Menurut IHO Edisi ke-3, SP 44 Tahun 1989 .....	11
2.9. Penelitian Terdahulu .....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	17
3.1. Lokasi Penelitian .....	17
3.2. Alat .....	17

3.3. Metodologi Penelitian .....	19
BAB IV HASIL DAN ANALISA .....	27
4.1. Hasil dan Analisa Wahana USV .....	27
4.2. Hasil Pengukuran Tinggi Air Danau Sesaat .....	37
4.3. Hasil dan Analisa Pemetaan Danau.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	51
5.1. Kesimpulan .....	51
5.2. Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....	55
LAMPIRAN	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Kapal Katamaran (Tampak Depan) .....	5
Gambar 2.2 <i>Side Scan Sonar</i> (SSS) .....	9
Gambar 2.3 Prinsip Kerja <i>Side Scan Sonar</i> (SSS) .....	10
Gambar 2.4 Wahana USV Windrush II Airboat (dibuat oleh Perbani dan Suwardhi) .....	13
Gambar 2.5 Wahana USV SHUMOO (dibuat oleh Suhari,dkk) .....	14
Gambar 2.6 Pemodelan 3D Dari Data Pengukuran Batimetri Menggunakan Wahana SHUMOO di Danau Selorejo .....	15
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian .....	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3.3 Metodologi Pengolahan Data .....	22
Gambar 4.1 Wahana HIMAGE USV I.....	27
Gambar 4.2 Wahana HIMAGE USV I Tampak Depan .....	28
Gambar 4.3 Wahana HIMAGE USV I Tampak Sampung (Tanpa Penutup) .....	28
Gambar 4.4 Wahana HIMAGE USV I Tampak Atas (Tanpa Penutup) .....	28
Gambar 4.5 Motor TOPEdge 3660.....	29
Gambar 4.6 <i>Copper Propeller</i> 38mm .....	30
Gambar 4.7 <i>Rudder Large Silver</i> FY .....	30
Gambar 4.8 Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 .....	32
Gambar 4.9 <i>Tranducer</i> Humminbird XNT 9 SI 180 T .....	33
Gambar 4.10 Letak Sensor Akustik pada Wahana USV .....	34
Gambar 4.11 Wahana USV, HIMAGE USV I.....	34
Gambar 4.12 Letak Rambu Ukur Pengukuran Tinggi Air Danau Sesaat .....	38
Gambar 4.13 Peta Lajur Pemeruman Survei Batimetri Danau Ranu Grati .....	41
Gambar 4.14 Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur .....	42
Gambar 4.15 Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.....	43
Gambar 4.16 Sampel Data <i>Down Imaging</i> yang Menyilang.....	44
Gambar 4.17 Peta Mosaik <i>Side Scan Sonar</i> Danau ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur .....	47
Gambar 4.18 Identifikasi Objek pada Peta Mosaik .....	49

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Pengukuran Batimetri Menurut IHO 3 <sup>th</sup> , SP 44, Tahun 1989 .....	11
Tabel 2.2 Hasil Data Pengukuran Batimetri Menggunakan Wahana SHUMOO di Danau Selorejo .....	14
Tabel 4.1 Spesifikasi Motor TOPEDGE 3660 .....	29
Tabel 4.2 Spesifikasi <i>Remote Control</i> JR Propo X2720 .....	31
Tabel 4.3 Spesifikasi Baterai Lipo TBS 4-Cell .....	31
Tabel 4.4 Spesifikasi Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 .....	33
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Wahana USV, HIMAGE USV I .....	35
Tabel 4.6 Data Pengamatan Tinggi Air Danau Sesaat .....	38
Tabel 4.7 Standar Pengukuran Batimetri Menurut IHO 3 <sup>th</sup> 1989 .....	43
Tabel 4.8 Sampel Ketelitian Data <i>Cross, Down Imaging</i> .....	46

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Survei batimetri untuk daerah perairan sangat dangkal, seperti di daerah sungai atau muara sungai, danau, bendungan maupun daerah sedimentasi biasanya sulit dilakukan dengan menggunakan kapal yang besar. Adanya kendala logistik, sulitnya pengerjaan, serta besarnya resiko di lapangan menjadi suatu hal yang harus dihadapi pada saat melakukan survei batimetri di daerah perairan dangkal (Perbani dan Suwardhi, 2014).

Untuk memetakan daerah perairan dangkal, wahana apung tanpa awak dapat digunakan sebagai solusi dari masalah-masalah yang ada, karena kelebihanannya dalam hal fleksibilitas, efisiensi, dan efektifitas.

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan perancangan, pembuatan dan penggunaan wahana USV (*Unmanned Surface Vehicle*) yang dilengkapi sensor akustik (*down imaging* dan *side imaging*) sebagai alat survei batimetri di wilayah perairan dangkal.

Untuk menguji kinerja wahana tersebut, pemetaan batimetri dilakukan di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Dengan adanya pengujian alat dan pemetaan wilayah ini, diharapkan terlihatnya kenampakan dasar Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Perancangan, pembuatan dan penggunaan wahana USV (*Unmanned Surface Vehicle*).
2. Aplikasi penggunaan wahana USV untuk survei batimetri di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan, pembuatan dan penggunaan wahana USV.
2. Penggunaan wahana untuk survei batimetri.
3. Tempat melakukan pengujian kinerja wahana USV untuk survei batimetri adalah di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan wahana USV.
2. Melakukan survei batimetri di perairan dangkal menggunakan wahana USV.
3. Pembuatan peta batimetri, pembuatan visualisasi 3D batimetri dan pembuatan peta mosaik *side scan sonar* dari data pengukuran batimetri di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Survei Batimetri**

Survei Batimetri adalah proses penggambaran garis-garis kontur kedalaman dasar perairan yang meliputi pengukuran, pengolahan, hingga visualisasinya. Pada survei batimetri akan didapatkan garis-garis kontur kedalaman, dimana garis-garis tersebut didapatkan dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman yang tersebar pada lokasi yang dikaji (Djunarsjah, 2005).

Selain informasi kedalaman, dibutuhkan juga informasi posisi dari titik kedalaman tersebut. Kegiatan penentuan posisi dan penentuan kedalaman dari suatu titik, umumnya kita sebut dengan kegiatan pemeruman. Dari data pemeruman itu sendiri, kita dapat membuat topografi dasar perairan.

#### **2.2. USV (*Unmanned Surface Vehicle*)**

Menurut Unmanned Systems Technology, *Unmanned Surface Vehicle (USV)* atau *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* adalah “*designer, manufacturer and operator of high-performance, rugged autonomous marine vehicle systems for military, government and commercial sectors*” (Unmanned Systems Technology, 2016). USV dikendalikan secara otomatis dengan memberikan perintah - perintah seperti *waypoint*, atau secara manual dengan menggunakan *remote control* dari *Ground Control Station (GCS)*.

#### **2.3. Pembangunan Wahana USV**

Wahana USV yang dibuat diberi nama HIMAGE USV I. Wahana ini akan dirancang dengan tipe kapal katamaran dan berdimensi 100cm x 50cm x 21cm. Wahana HIMAGE USV I dibuat agar mampu mengangkut beban hingga 15 kg, dengan *draft* kapal sekecil mungkin. Hal ini dikarenakan wahana USV akan mengangkut beberapa alat penting seperti sensor akustik, motor dan aki. Oleh karena itu dalam pembuatan lambung kiri / kanan dan

lambung tengah dibuat dengan perbandingan minimum 1 : 3 agar memenuhi standar keseimbangan kapal katamaran (Kurt Hughes, 2013).

Setelah wahana USV terbentuk dan lulus uji mengenai kebocorannya, barulah dilakukan pemasangan alat gerak, sistem pendingin motor, sistem kontrol dan sistem sumber daya wahana. Untuk menggerakkan wahana HIMAGE USV I, dibutuhkan motor khusus untuk wahana apung. Motor ini akan menggerakkan *propeller* dengan kecepatan wahana maksimal 3 m/s. Sumber daya yang digunakan pada motor adalah baterai 4-cell. Untuk kemudi wahana sendiri menggunakan *rudder* dengan ukuran panjang 7cm agar manuver yang dibuat oleh wahana tidak terlalu lebar.

Selain sistem kemudi, wahana USV ini juga menggunakan sistem pendingin mesin. Sistem pendingin mesin yang digunakan, menggunakan air sebagai media pendinginnya. Jadi air yang berada pada luar wahana USV, akan disedot menggunakan mesin penyedot, kemudian air akan masuk kedalam rumah motor, setelah itu air akan dikeluarkan lagi melalui saluran pembuangan, begitu seterusnya sistem pendingin mesin ini berjalan. Hal ini dikarenakan motor harus bekerja keras agar dapat menggerakkan wahana dengan beban wahana itu sendiri, dan dengan kecepatan yang relatif stabil. Sumber daya pompa air adalah aki kering.

Untuk sistem kontrol wahana USV yang dibuat, akan menggunakan sistem kontrol manual dengan *remote control*. Hal ini mempertimbangkan karena banyaknya *obstacle* yang terdapat pada permukaan danau. Untuk jarak kontrol yang diharapkan antara pengguna dengan wahana adalah  $\pm 1.5$  km. Sedangkan untuk sensor akustik yang digunakan adalah Hummingbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 dengan sonar *down imaging* dan *side imaging*. Sumber daya sensor akustik yang digunakan adalah aki kering. Hal ini dikarenakan aki kering lebih ringan dibandingkan aki basah.

#### **2.4. Kapal Katamaran**

Wahana USV yang dibuat menggunakan tipe kapal katamaran. Kapal Katamaran adalah kapal yang memiliki dua lambung yang





Sonar merupakan alat pendeteksian bawah air yang menggunakan gelombang suara untuk mendeteksi kedalaman serta benda-benda di dasar laut. Berdasarkan sistemnya, ada dua macam tipe sonar, yaitu sonar pasif dan sonar aktif. Sonar pasif hanya mendeteksi suara yang datang melalui hidrofon untuk mengubah energi suara menjadi energi listrik. Sonar pasif menggunakan frekuensi rendah yaitu 20 Hz - 1000 Hz. Sonar aktif dapat mengirimkan sinyal dari sumber suara atau sensor serta dapat menerima kembali sinyal tersebut setelah dipantulkan oleh objek atau dasar laut melalui sensor yang sama.

Pada sonar aktif, *transducer* mengubah energi listrik menjadi energi suara kemudian dipancarkan. Sinyal suara yang dipancarkan akan diterima kembali oleh *transducer* setelah dipantulkan oleh objek atau dasar laut. Pantulan suara tersebut diterima oleh *transducer* dan dirubah kembali menjadi energi listrik.

## **2.6. Single-Beam Echosounder**

### **2.6.1. Pengertian Single-Beam Echosounder**

*Single-beam echosounder* merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pancaran tunggal sebagai pengirim dan pengiriman sinyal gelombang suara (Parkinson, 1996). Komponen dari *single-beam* yang terdiri dari *transceiver* (*transducer* dan *receiver*) terpasang pada lambung kapal. Sistem ini mengukur kedalaman air secara langsung dari kapal survei. *Transceiver* mengirimkan pulsa akustik dengan frekuensi tinggi yang terkandung dalam *beam* (gelombang suara) menyusuri bagian bawah kolom air. Energi akustik memantulkan sampai dasar laut dari kapal dan diterima kembali oleh *transceiver*. *Transceiver* terdiri dari sebuah *transmitter* yang mempunyai fungsi sebagai pengontrol panjang gelombang pulsa yang dipancarkan dan menyediakan tenaga listrik untuk besar frekuensi yang diberikan. *Single-beam echosounder* relatif mudah untuk digunakan, tetapi alat ini hanya menyediakan informasi kedalaman sepanjang garis *track* yang dilalui oleh kapal.

### **2.6.2. Bagian-Bagian Echosounder**

Menurut MacLennan dan Simmonds (2005), pada umumnya *echosounder* memiliki 5 bagian utama. Bagian-bagian *echosounder* tersebut adalah :

#### *1. Time base*

*Time base* berfungsi sebagai penanda pulsa listrik untuk mengaktifkan pemancaran pulsa yang akan dipancarkan oleh *transmitter* melalui *transducer*. Suatu perintah dari *time base* akan memberikan saat kapan pembentuk pulsa bekerja pada unit *transmitter* dan *receiver*.

#### *2. Transmitter*

*Transmitter* berfungsi menghasilkan pulsa yang akan dipancarkan. Suatu perintah dari kotak pemicu pulsa pada

*recorder* akan memberitahukan kapan pembentuk pulsa bekerja. Pulsa dibangkitkan oleh *oscillator* kemudian diperkuat oleh *power amplifier*, sebelum pulsa tersebut disalurkan ke *transducer*. *Oscillator* itu sendiri adalah suatu rangkaian yang menghasilkan luaran (pulsa listrik) yang amplitudonya berubah-ubah secara periodik dengan waktu.

### 3. *Transducer*

Fungsi utama dari *transducer* adalah mengubah energi listrik menjadi energi suara, ketika suara akan dipancarkan ke medium air, dan mengubah energi suara menjadi energi listrik ketika energi diterima dari suatu target. Selain itu, fungsi lain dari *transducer* adalah memusatkan energi suara yang dipantulkan sebagai *beam*.

### 4. *Receiver*

*Receiver* berfungsi menerima pulsa dari objek dan *display* atau *recorder* sebagai pencatat hasil *echo*. Sinyal listrik lemah yang dihasilkan oleh *transducer*, harus diperkuat beberapa ribu kali sebelum disalurkan ke *recorder*. Selama penerimaan berlangsung *transducer* menerima *echo* dari target, dimana target yang terdeteksi oleh *transducer* terletak dari pusat pulsa suara dan *echo* dari target akan dikembalikan dan diterima oleh *transducer* pada waktu yang bersamaan.

### 5. *Recorder*

*Recorder* berfungsi untuk merekam atau menampilkan sinyal *echo* dan juga berperan sebagai pengatur kerja *transmitter* dan mengukur waktu antara pemancaran pulsa suara dan penerimaan *echo* atau *recorder* memberikan sinyal kepada *transmitter* untuk menghasilkan pulsa dan pada saat yang sama recorder juga mengirimkan sinyal ke *receiver* untuk menurunkan sensitifitasnya.

## 2.7. Side Scan Sonar

### 2.7.1. Pengertian Side Scan Sonar

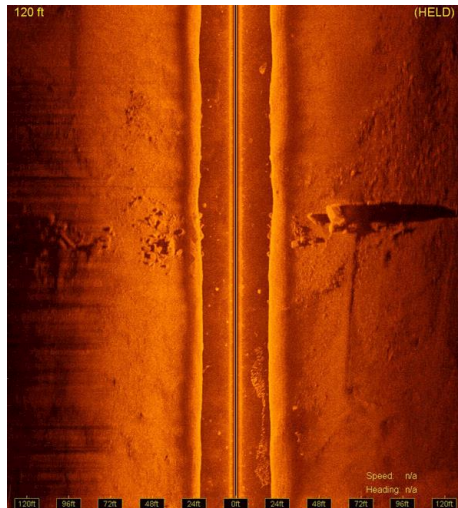
*Side scan sonar* (SSS) merupakan instrumen *single beam* yang mampu menunjukkan gambar dua dimensional permukaan dasar laut dengan kondisi kontur, topografi, dan objek secara bersamaan. Secara umum SSS terdiri dari tiga bagian besar yaitu *recorder* yang berada di atas kapal survei, *towfish / transducer* yang ditarik dibelakang kapal, dan *towcable* yang menghubungkan *recorder* dan *towfish / transducer*.

SSS mempunyai kemampuan menggandakan *beam* yang diarahkan pada satu sisi ke sisi lainnya. Sehingga kita bisa melihat ke kedua sisi, memetakan semua area penelitian secara efektif dan menghemat waktu penelitian. SSS menggunakan *narrow beam* pada bidang horizontal untuk mendapatkan resolusi tinggi di sepanjang lintasan dasar laut (Klein Associates Inc, 1985).

SSS menggunakan prinsip *backscatter* akustik dalam mengindikasikan atau membedakan kenampakan bentuk dasar laut atau objek di dasar laut. Material seperti besi, bongkahan, kerikil atau batuan vulkanik sangat efisien dalam merefleksikan pulsa akustik. Sedimen halus seperti tanah liat, lumpur tidak merefleksikan pulsa suara dengan baik (*backscatter* lemah). Reflektor kuat akan menghasilkan pantulan *backscatter* yang kuat sedangkan reflektor lemah menghasilkan *backscatter* yang lemah. Dengan pengetahuan akan karakteritik ini, pengguna SSS dapat menguji komposisi dasar laut atau objek dengan mengamati pengembalian kekuatan akustik (*Tritech International Limited*, 2008).

Salah satu cara untuk mendapatkan informasi tentang berbagai aspek dari dasar laut adalah dengan sistem akustik bawah air seperti *side scan sonar* (Sari, 2009). SSS mampu membedakan besar kecil partikel penyusun permukaan dasar laut seperti batuan, lumpur, pasir, kerikil, atau tipe-tipe dasar perairan lainnya. Instrumen ini mampu menangkap gelombang pasir atau riak-riak kecil yang tingginya beberapa sentimeter

serta mampu memberikan informasi dengan rinci tentang kondisi topografi dasar tidak hanya pada poros persis di bawah *towfish* / *transducer* namun juga pada kedua sisinya dengan baik. Tampilan SSS dapat dilihat pada Gambar 2.2.

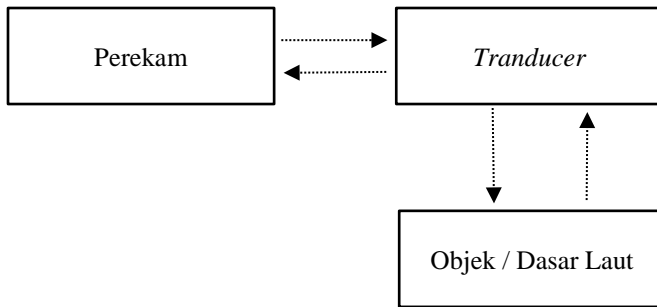


Gambar 2.2 Side Scan Sonar (SSS)  
(sumber : <http://www.geotech1.com/>)

### 2.7.2. Prinsip Kerja Side Scan Sonar

Secara umum prinsip kerja SSS digambarkan sesuai dengan Gambar 2.3. Pulsa listrik yang dihasilkan oleh *recorder* dikirim ke *towfish* melalui *towcable*. Pulsa-pulsa listrik tersebut diubah menjadi energi mekanik. Hasil perubahan tersebut berupa sinyal *ultrasonic* yang kemudian dipancarkan ke dasar laut. Kemudian sinyal *ultrasonic* tersebut dipantulkan kembali oleh dasar laut dan diterima *towfish*. Interval waktu dari pengembalian sinyal tersebut tergantung dari jarak antara *towfish* dengan titik pemantulannya. Selain itu besarnya amplitudo dan frekuensi sinyal *ultrasonic*, juga berbeda sesuai dengan jenis objek yang memantulkan sinyal *ultrasonic* tersebut.

Sinyal *ultrasonic* yang diterima oleh *towfish* diubah kembali menjadi pulsa-pulsa listrik dan diteruskan ke *recorder*, selanjutnya direkam pada kertas *recorder* yang terdapat di dalamnya. Hasil rekaman yang terdapat pada kertas *recorder* kemudian diinterpretasikan jenis objek di dasar laut atau keadaan topografi dasar laut.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja *Side Scan Sonar* (SSS)

### **2.7.3. Interpretasi Citra *Side Scan Sonar***

Interpretasi pada dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Interpretasi secara kualitatif dilakukan untuk mendapatkan sifat fisik material dan bentuk objek, baik dengan mengetahui derajat kehitaman (*hue saturation*), bentuk (*shape*) maupun ukuran (*size*) dari objek atau target. Secara umum, berdasarkan bentuk eksternalnya, target dapat dibedakan menjadi buatan manusia (*man made targets*) atau objek alam (*natural targets*). Pada umumnya, objek buatan manusia memiliki bentuk yang tidak beraturan (Klein Associates Inc, 1985).

Interpretasi secara kuantitatif bertujuan untuk mendefinisikan hubungan antara posisi kapal, posisi *towfish* dan posisi objek sehingga diperoleh besaran horisontal dan besaran vertikal. Besaran horisontal meliputi nilai posisi objek ketika lintasan *towfish* sejajar dengan lintasan kapal maupun ketika lintasan dengan *towfish* membentuk sudut. Besaran vertikal

meliputi tinggi objek dari dasar laut serta kedalaman objek (Mahyuddin, 2008).

Pada dasarnya, prinsip penginterpretasian ini sama dengan penginterpretasian pada penginderaan jarak jauh, yaitu dengan menggunakan kunci-kunci interpretasi. Kunci-kunci interpretasi yang dapat digunakan adalah bentuk (*shape*), ukuran (*size*), bayangan (*shadow*), derajat kehitaman (*hue saturation*), tekstur, dan pola (*pattern*).

Kesempurnaan interpretasi citra SSS ditentukan oleh tiga faktor yaitu *tuning recorder (light or dark)*, *towing operation*, dan *operator skills*. Ketiga faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap penginterpretasian citra SSS. *Human skills* ikut menentukan hasil analisa rekaman SSS.

## **2.8. Standar Pengukuran Batimetri Menurut IHO Edisi ke-3, SP 44 Tahun 1989**

Dari data *down imaging*, juga dilakukan verifikasi kedalaman berdasarkan *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44, 1989*

Ketelitian data *down imaging* dari hasil pengukuran dapat digolongkan menjadi beberapa orde pengukuran. Orde-orde ini telah dituliskan dalam *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, SP.44, 1989* yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Pengukuran Batimetri Menurut IHO 3<sup>th</sup>, SP 44, Tahun 1989

Deskripsi		Orde Khusus	Orde 1	Orde 2	Orde 3
<i>Akurasi Horizontal</i>		2m	5m + 5% dari kedalaman rata-rata	20m + 5% dari kedalaman rata-rata	150m + 5% dari kedalaman rata-rata
<i>Akurasi Kedalaman</i>		a = 0.25 m b = 0.0075	a = 0.5 m b = 0.013	a = 1.0 m b = 0.023	a = 1.0 m b = 0.023
Garis Pantai		10 m	20 m	20 m	20 m

Deskripsi		Orde Khusus	Orde 1	Orde 2	Orde 3
Alat bantu navigasi terapung		10 m	10 m	20 m	20 m
Kenampakan Topografi		10 m	10 m	20 m	20 m

(sumber : *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44, 1989*)

Catatan :

a dan b adalah variabel yang digunakan untuk menghitung ketelitian kedalaman.

Batas toleransi kesalahan antara kedalaman titik fix perum pada lajur utama dan lajur silang dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

(sumber : *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44, 1989*)

dimana :

a = kesalahan *independen* (jumlah kesalahan yang bersifat tetap)

b = faktor kesalahan kedalaman *dependen* (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap)

d = kedalaman terukur

(b x d ) = kesalahan kedalaman yang dependen

## **2.9. Penelitian Terdahulu**

Perbani dan Suwardhi (2014), membangun sebuah sistem penentuan posisi dan navigasi berbasis sistem *Unmanned Surface Vehicle (USV)* untuk survei batimetri. Model wahana yang



digunakan adalah Windrush II Airboat. Model dari wahana dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Wahana USV Windrush II Airboat (dibuat oleh Perbani dan Suwardhi)  
(sumber : Perbani dan Suwardhi, 2014)

Wahana ini menggunakan Motor Extreme Flight untuk motor penggerak, Hitec Servo untuk kemudi wahana, Baterai Lipo 3 cell dan aki sebagai sumber daya, *remote control* frekuensi 2.4 Ghz, *echosounder* sebagai alat survei kedalaman, *DGPS* untuk penentuan posisi yang teliti, ArduPilot untuk navigasi wahana secara *auto pilot* dan daya angkut beban maksimal yaitu 8 kg dengan kecepatan rata-rata 5 meter per detik. Pengujian wahana ini dilakukan di Danau Saguling, Kabupaten Bandung. Hasil dari penelitian ini (Perbani dan Suwardhi), yaitu wahana yang digunakan kurang stabil, sehingga diperlukan modifikasi pada bagian bawah dan depan wahana. Telemetri navigasi bekerja dengan maksimum jarak 5 -10 kilometer *line of sight* dengan kualitas pengiriman data rata-rata di atas 90%, *tracking GPS* berjalan dengan baik, sistem *Auto Navigation / Auto Pilot* belum bekerja dengan sempurna, wahana sudah bergerak secara otomatis kearah *waypoint* yang ditentukan, tetapi gerakan wahana tidak stabil.

Suhari, dkk (2016), membuat suatu wahana survei batimetri untuk pemetaan kawasan perairan dangkal. Wahana dengan tipe *shallowshelves* ini kemudian mereka (Suhari,dkk) sebut dengan *SHUMOO* ( *The Small Hydrography Marine Boundary Boat*). Bentuk dari *SHUMOO* dapat dilihat di Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Wahana *USV SHUMOO* (dibuat oleh Suhari, dkk)  
(sumber : Suhari, dkk, 2016)

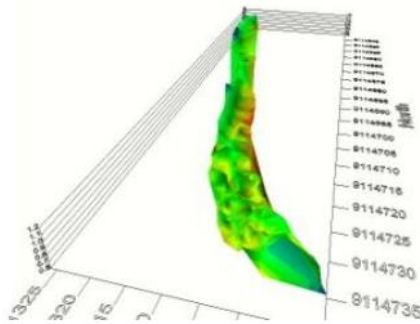
Wahana ini menggunakan bahan *fiberglass* dengan desain berukuran 115 cm x 35 cm. *SHUMOO* menggunakan motor *Outrunner 750KV* sebagai motor penggerak, baterai *LPB Nano 5200 mah 3 cell*, *remote control ACE COUGAR* dengan frekuensi 2.4 Ghz, *GPSMAP 585* sebagai alat pengukuran kedalaman dan posisi, dan sistem telemetri sehingga memungkinkan pengiriman data secara langsung ke *user* dengan jarak maksimum 400 m. Wahana ini dapat mengangkut beban hingga 30 kg dan jarak kontrol wahana yaitu 500 m secara manual, atau 600 m secara *automatic*. Pengujian dilakukan di Danau Selorejo, Malang. Hasil dari pengujian *SHUMOO* yaitu, wahana berjalan dengan baik, sistem telemetri bekerja dengan baik, keseimbangan wahana baik, pembacaan alat *GPSMAP 585* juga baik. Hasil data pengukuran dan pemodelan 3D data survei batimetri menggunakan wahana *SHUMOO* dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Gambar 2.6.

Tabel 2.2 Hasil Data Pengukuran Batimetri Menggunakan Wahana  
*SHUMOO* di Danau Selorejo

No	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	681297.883	9114735.640	0.80
2	681304.612	9114718.287	0.80
3	681309.210	9114719.190	0.91
4	681306.468	9114722.887	0.94

5	681304.009	9114725.474	0.88
6	681304.645	9114726.397	0.90
7	681303.738	9114729.350	0.87

(sumber : Suhari, dkk, 2016)



Gambar 2.6 Pemodelan 3D Dari Data Pengukuran Batimetri Menggunakan Wahana SHUMOO di Danau Selorejo  
(sumber : Suhari, dkk, 2014)

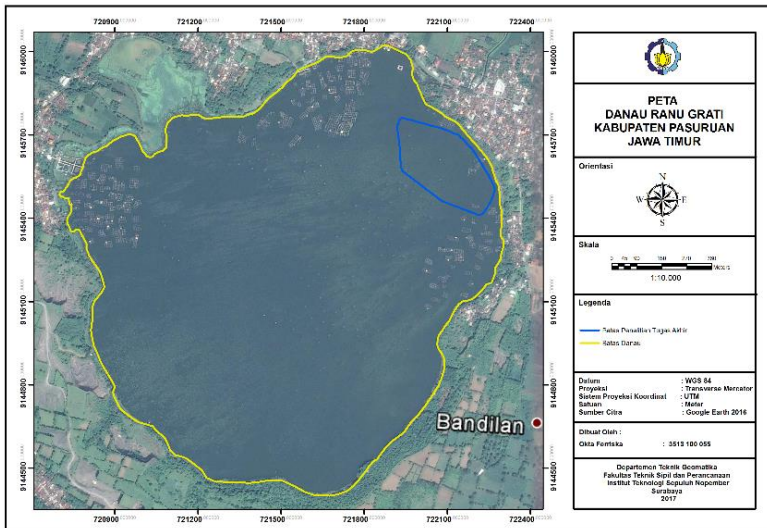
**“ Halaman ini sengaja dikosongkan “**

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di wilayah Danau Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Batas dan lokasi penelitian dapat dilihat di Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

#### 3.2. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

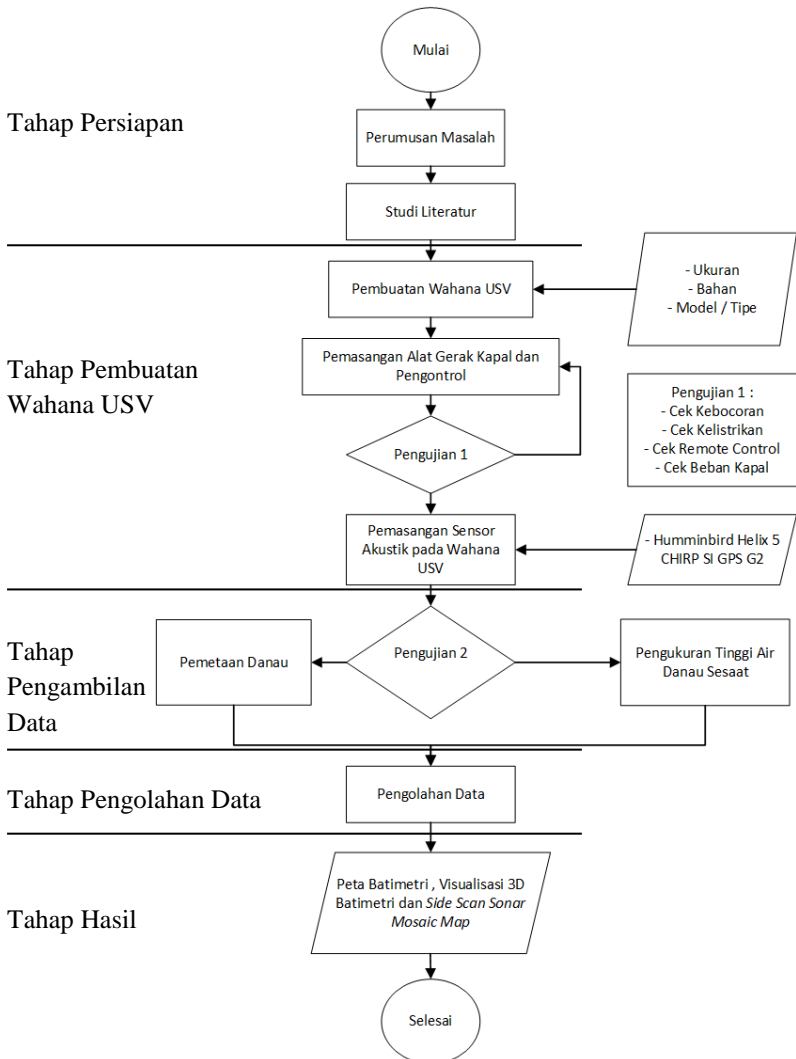
a. Perangkat Keras

- Wahana USV (*Unmanned Surface Vehicle*), HIMAGE USV I.

- HumminBird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 sebagai sensor akustik untuk survei batimetri yang di pasang pada wahana *USV*.
  - *Personal Computer*.
- b. Perangkat Lunak
- Humminbird PC untuk mendownload data dari alat Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2.
  - HumViewer untuk menampilkan data *side scan sonar*.
  - SonarWiz 6 untuk pengolahan data *side scan sonar*.
  - ArcGIS 10.3 untuk memvisualisasikan / *plotting* data menjadi sebuah peta.
  - Surfer 10 untuk pembuatan *Digital Terrain Model* / Visualisasi 3D.
  - Global Mapper untuk pembuatan kontur dari data *down imaging*.

### 3.3. Metodologi Penelitian

#### 3.3.1. Metodologi Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan diagram Alir Proses Penelitian Tugas Akhir :

### **1. Tahap Persiapan**

Pada tatanan persiapan ini yang dilakukan adalah perumusan masalah dan studi literatur. Dalam perumusan masalah peneliti mencari permasalahan yang ada, membentuk lingkup permasalahan, serta pembatasan dimensi dan variabel yang akan dibahas dalam penelitian sehingga didapatkan fokus pengamatan dalam penelitian. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari tentang penelitian yang sudah ada atau penelitian yang serupa tetapi memiliki sedikit perbedaan, pencarian materi-materi terkait dengan penelitian yang dilaksanakan, serta pencarian informasi tentang pembuatan wahana serta pengukuran batimetri menggunakan wahana.

### **2. Tahap Pembuatan Wahana USV**

Tahap ini adalah tahap dimana dilakukannya pembuatan wahana. Pembuatan wahana ini menggunakan model katamaran dengan 2 lambung, kiri dan kanan. Setiap lambung memiliki 5 sekat ruang agar kapal memiliki ketahanan terhadap kebocoran dan keseimbangan yang cukup baik. Kapal ini dibuat dengan ukuran panjang 1.0 m, lebar 50 cm, dan tinggi 21 cm dengan bahan yang digunakan adalah kayu dan triplek. Setelah kerangka wahana telah terbentuk, kemudian dilakukan penambalan terhadap bagian-bagian yang memiliki celah sehingga tidak terjadi kebocoran. Penambalan ini dilakukan secara 2x dengan percobaan kebocoran 1x agar wahana benar-benar tidak memiliki kebocoran di bagian bodi. Selanjutnya, setelah wahana diyakinkan bisa mengambang dengan sempurna tanpa ada kebocoran, kemudian barulah diberi alat penggerak kapal, seperti motor beserta baling-baling, *rudder* (kemudi), alat pendingin mesin, kelistrikan, termasuk sumber daya berupa aki kering.

Setelah wahana dicoba, dan tidak memiliki masalah terkait wahana itu sendiri, barulah dilakukan pemasangan sensor akustik pada wahana USV. Sensor Akustik yang digunakan



adalah Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2. Alat ini memiliki eksternal *transducer*, sehingga pemasangan *transducer* ini haruslah tegak lurus dengan GPS internal yang berada di dalam wahana.

### 3. Tahap Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data dengan wahana USV di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Wahana USV dikemudikan mengelilingi lokasi penelitian secara menyeluruh hingga seluruh wilayah dari batas penelitian terlewati. Perekaman data dilakukan oleh alat Humminbird yang berada di dalam wahana. Data yang didapatkan dari alat ini berupa data *down imaging* dan data *side imaging*. Pada Tahap ini juga didapatkan data rata-rata perubahan tinggi air danau sesaat dari hasil pengamatan tinggi air danau sesaat dengan menggunakan metode pembacaan rambu. Pengamatan ini berlangsung selama pengukuran batimetri menggunakan wahana USV berlangsung dengan *interval* pencatatan per 15 menit.

### 4. Tahap Pengolahan Data

Tahap ini adalah tahap dimana segala data yang didapatkan dari hasil pemetaan danau dikumpulkan kemudian diolah. Data *down imaging* dan data *side imaging* yang terekam di dalam memory card alat Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 dipindahkan ke perangkat lunak Humminbird PC. Dari data-data ini kemudian diolah oleh beberapa perangkat lunak pengolah data pemetaan, seperti perangkat lunak ArcGIS, perangkat lunak SonarWiz 6, perangkat lunak Humminbird PC dan perangkat lunak Surfer 10.

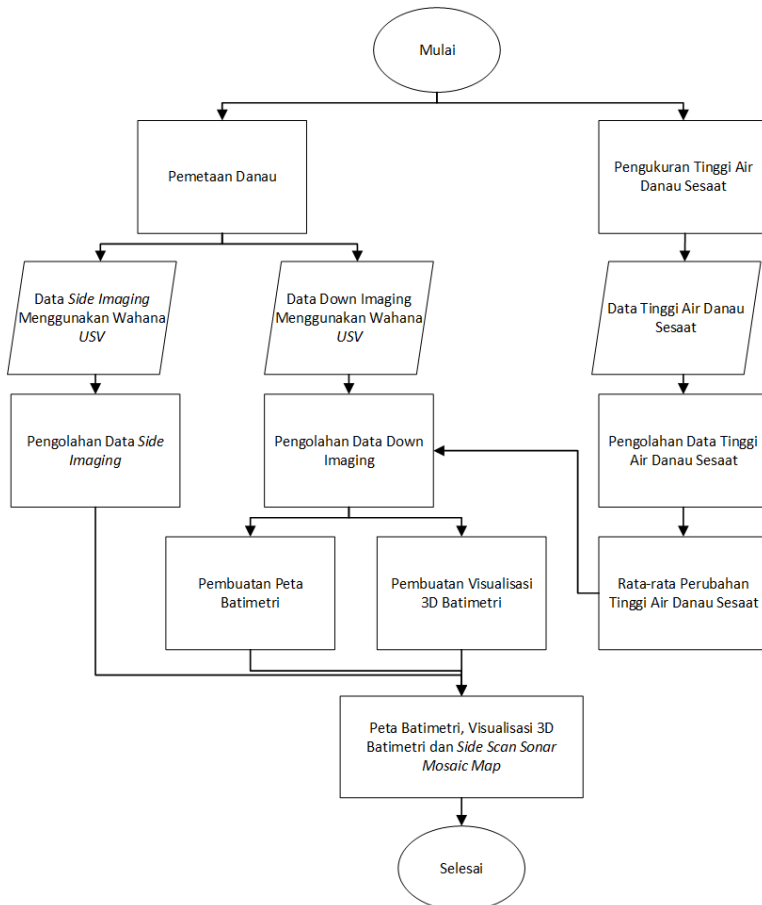
### 5. Tahap Hasil

Pada tahap ini dihasilkan peta batimetri, visualisasi 3D batimetri dan peta mosaik *side scan sonar* Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Selain peta batimetri,

visualisasi 3D batimetri dan peta mosaik *side scan sonar* yang dihasilkan, juga menghasilkan laporan sebagai referensi dalam penelitian-penelitian selanjutnya mengenai pengukuran batimetri menggunakan wahana USV.

### 3.3.2. Metodologi Pengolahan Data

Metodologi pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Metodologi Pengolahan Data

Diagram alir pengolahan data dibagi menjadi 3 bagian, yaitu pengolahan data tinggi air danau sesaat untuk dimasukkan kedalam pengolahan data *down imaging*, pengolahan data *down imaging* menjadi peta batimetri dan visualisasi 3D batimetri dan pengolahan data *side imaging* menjadi peta mosaik *side scan sonar*. Berikut penjelasan mengenai tiga pengolahan data tersebut :

Penjelasan dari pengolahan tinggi air danau sesaat :

### **1. Pengukuran Tinggi Air Danau Sesaat**

Pengukuran tinggi air danau sesaat dilakukan selama pengukuran batimetri menggunakan wahana USV berlangsung, dengan interval pencatatan per 15 menit. Pengukuran ini dilakukan dengan cara membaca rambu ukur yang telah dipasang dipinggir danau sebagai acuan pembacaan tinggi air di danau.

### **2. Data Tinggi Air Danau Sesaat**

Pada tahap ini, didapatkan data tinggi rata-rata air danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur dari pengukuran tinggi air danau sesaat. Data yang dimaksud adalah data pembacaan tinggi air danau dan waktu pembacaan tinggi air danau.

### **3. Pengolahan Data Tinggi Air Danau Sesaat**

Kemudian dari data tinggi air danau sesaat Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, diolah dengan perhitungan *mean* untuk mendapatkan rata-rata perubahan tinggi air danau sesaat. Rata-rata perubahan tinggi air danau sesaat ini kemudian dijadikan acuan sebagai koreksi pembacaan kedalaman yang dilakukan alat untuk mendapatkan koordinat z di setiap titik secara tepat.

Penjelasan dari pengolahan *down imaging* :

#### **1. Data Down Imaging dari Pemetaan Danau**

Data *down imaging* ini didapatkan dari pemetaan Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur menggunakan wahana USV. Sensor akustik Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS

G2 yang dipasang pada wahana, akan merekam data selama pengukuran batimetri dan *output* dari alat ini berupa RAW data. RAW data yang dimaksud antara lain berisi koordinat  $(x,y,z)$ , waktu dan *point*.

## **2. Pengolahan Data *Down Imaging***

Dari RAW data yang didapatkan dari sensor akustik Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2, kemudian data tersebut dimasukkan kedalam perangkat lunak Hummingbird PC untuk di unduh kemudian dilakukan pengolahan data. Hasil pengolahan data *down imaging* dibagi menjadi dua bagian, yaitu menjadi peta batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur dan visualisasi 3D batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

### **2.1 Pembuatan Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur**

Data yang didapatkan dari survei batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan Jawa Timur, yaitu RAW data yang berisi koordinat  $(x,y,z)$ , waktu dan *point*. Dari data yang didapatkan kemudian *import* kedalam perangkat lunak Global Mapper untuk dibuat kontur dengan interval 5 meter (kontur minor = 5, kontur major = 10). Dari data yang sudah diolah di perangkat lunak Global Mapper kemudian *import* lagi di perangkat lunak ArcGIS 10.3 untuk pembuatan Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

### **2.2 Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur**

Data yang didapatkan dari survei batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan Jawa Timur, yaitu RAW data yang berisi koordinat  $(x,y,z)$ , waktu dan *point*. Dari data yang didapatkan kemudian *import* kedalam perangkat lunak Surfer 10 untuk dibuat visualisasi 3D batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

Penjelasan dari pengolahan data side scan sonar :

### **1. Data *Side Imaging* dari Pemetaan Danau**

Data *side imaging* ini didapatkan dari pemetaan Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur menggunakan wahana *USV*. Sensor akustik Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 yang dipasang pada wahana, akan merekam data *side imaging* selama pengukuran batimetri dilakukan. Hal ini dapat terjadi karena *tranducer* yang digunakan, merupakan *tranducer* yang memiliki kemampuan untuk *side imaging* dan *down imaging* secara bersamaan.

### **2. Pengolahan Data *Side Imaging***

Dari data *side imaging* yang didapatkan dari alat Humminbird Helix 5 CHIRPS SI GPS G2, kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak HumViewer untuk melihat data dari *side imaging* yang direkam oleh alat. Kemudian semua *data side imaging* yang didapatkan, dimasukkan ke dalam perangkat lunak SonarWiz 6 untuk dilakukan pengolahan data. Hasil dari pengolahan data ini adalah Peta Mosaik *Side Scan Sonar* Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB IV**

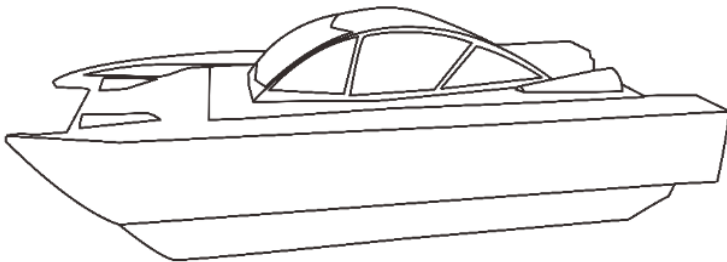
### **HASIL DAN ANALISA**

#### **4.1. Hasil dan Analisa Wahana USV**

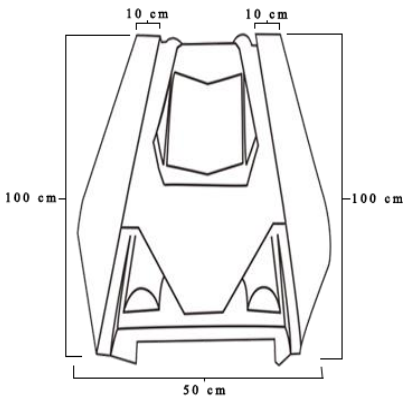
Pada pembuatan wahana USV (*Unmanned Surface Vehicle*), dilakukan beberapa tahapan pembuatan dari awal hingga akhir. Tahapan ini dimulai dari perancangan wahana USV, pemasangan sistem penggerak wahana USV, pemasangan sensor akustik pada wahana USV, melakukan beberapa percobaan dan pengujian terhadap wahana USV, hingga penggunaan wahana USV untuk survei batimetri diperairan dangkal. Berikut adalah penjelasan dari beberapa tahapan tersebut :

##### **4.1.1. Perancangan Wahana USV, HIMAGE USV I**

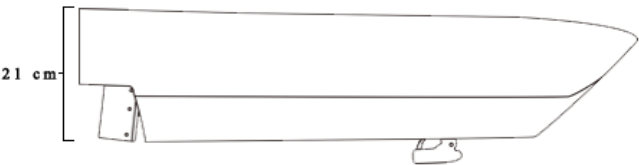
Wahana *Unmanned Surface Vehicle* (USV) yang dirancang bernama HIMAGE USV I. Wahana ini merupakan sebuah wahana tanpa awak yang dilengkapi sensor akustik Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2. Wahana HIMAGE USV I, dibuat dengan dimensi 100cm x 50cm x 21cm. Lebar lambung kiri dan kanan dibuat sama, yaitu 10cm. Wahana ini dirancang untuk melakukan pemetaan batimetri di wilayah perairan dangkal dengan tipe kapal katamaran. Perancangan wahana HIMAGE USV I dapat dilihat pada Gambar 4.1 – Gambar 4.4.



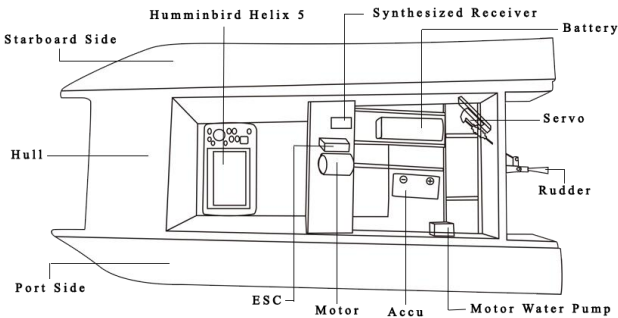
Gambar 4.1 Wahana HIMAGE USV I



Gambar 4.2 Wahana HIMAGE USV I Tampak Depan



Gambar 4.3 Wahana HIMAGE USV I Tampak Samping (Tanpa Penutup)



Gambar 4.4 Wahana HIMAGE USV I Tampak Atas (Tanpa Penutup)



#### **4.1.2. Pemasangan Sistem Penggerak Wahana dan Sistem Elektrik**

Setelah pembuatan wahana USV berhasil dan dilakukan uji terhadap kebocoran wahana, maka diteruskan pada proses selanjutnya, yaitu pemasangan sistem penggerak wahana dan sistem kelistrikan wahana. Sistem penggerak wahana menggunakan motor, *propeller* (baling-baling), *rudder* (kemudi) dan *remote control*. Berikut penjelasan dari bagian sistem penggerak wahana tersebut :

##### **1. Motor**

Motor digunakan sebagai alat penggerak *propeller* pada wahana USV. Motor yang digunakan pada wahana yang dibuat adalah TOPEDGE 3660 (*inbrushless motor with cooling barrel - KV2726* ). Gambar dan spesifikasi motor dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.1.



Gambar 4.5 Motor TOPEDGE 3660  
(sumber : <http://rcboatracindonesia.com/>)

Tabel 4.1 Spesifikasi Motor TOPEDGE 3660

Dimensi (mm)	36 x 60
Tipe	540 Motor
Amp. Maks (A)	68
RPM / V	2726
IO (A)	3.4

(sumber : <http://rcboatracindonesia.com/>)

## 2. *Propeller*

*Propeller* digunakan untuk menghasilkan gaya dorong pada wahana agar dapat bergerak. *Propeller* digerakkan oleh motor yang terdapat pada wahana. *Propeller* yang digunakan pada wahana ini adalah Copper Propeller yang berukuran 38mm. *Propeller* ini dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Copper Propeller 38mm  
(sumber : <https://hobbyking.com/>)

## 3. *Rudder*

*Rudder* digunakan sebagai kemudi wahana / pengubah arah jalannya wahana. *Rudder* yang telah disambungkan pada *receiver remote control* digerakkan oleh pengguna melalui *remote control*. *Rudder* yang digunakan pada wahana ini adalah Rudder Large Silver FY dengan dimensi 7cm x 0.5cm x 15cm. *Rudder* ini dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rudder Large Silver FY  
(sumber : <http://rcboatracingindonesia.com/>)

#### 4. *Remote Control*

*Remote control* digunakan untuk mengontrol gerak dan arah gerak wahana USV. Karena wahana yang akan dibuat tidak menggunakan sistem kendali *autopilot*, maka sangat diperlukannya *remote control* yang tepat agar wahana dapat dikendalikan dengan baik. *Remote Control* yang digunakan adalah JR propo X2720. Jr propo X2720 memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi Remote Control JR Propo X2720

<i>Transmitter</i>	Tipe NET – k237S
<i>Radio Channel</i>	7 Channel
Baterai	8 buah baterai AA
Freq	7.2 Mhz
Jarak Maks ( <i>Transmitter</i> dan <i>Receiver</i> )	2500 m

(sumber : <http://jrpropo.co.jp/>)

Setelah melakukan pemasangan alat penggerak wahana, dilanjutkan pada pemasangan sistem kelistrikan wahana. Sistem kelistrikan terkait sumber daya untuk penggerak motor dan sensor akustik. Sumber daya yang digunakan pada wahana USV ini adalah :

##### 1. Baterai

Baterai digunakan sebagai sumber daya untuk motor wahana USV. Baterai yang digunakan adalah *Lipo Team BlackSheep (TBS)* 4-Cell. Baterai ini memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Spesifikasi Baterai Lipo TBS 4-Cell

Dimensi (cm)	13.5 x 4 x 3.5
--------------	----------------

Berat	433.8 g
Daya	4 – Cell (14.8 V)

(sumber : <http://team-blacksheep.com/>)

## 2. Aki

Aki digunakan sebagai sumber daya sensor akustik. Aki ini diletakkan pada lambung tengah wahana. Aki yang digunakan pada wahana ini adalah aki kering yang memiliki kapasitas 5 Ah dan tegangan 12 V.

### 4.1.3. Pemasangan Sensor Akustik pada Wahana USV

Sensor akustik digunakan sebagai alat perekaman dalam survei batimetri. Sensor akustik yang digunakan adalah Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2. Sensor akustik ini menggunakan *external transducer* Hummingbird XNT 9 SI 180. Sensor akustik ini memiliki kemampuan untuk memancarkan sonar *down imaging* dan *side imaging* secara bersamaan. Jadi, selain data kedalaman dan posisi dari sonar *down imaging* yang didapatkan, sensor akustik ini memungkinkan pengguna untuk mengetahui kenampakan dasar laut dengan mengoptimalkan sonar *side imaging* membentuk sebuah gambaran 2 dimensi sehingga sangat memudahkan dalam mengidentifikasi segala sesuatu yang ada di dasar laut. Sensor akustik hummingbird helix 5 CHIRP SI GPS G2 ini, dapat dilihat pada Gambar 4.8, sedangkan *transducernya* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.8 Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2

(sumber : <http://www.humminbird.com/>)



Gambar 4.9 Transducer Humminbird XNT 9 SI 180 T  
(sumber : <http://www.humminbird.com/>)

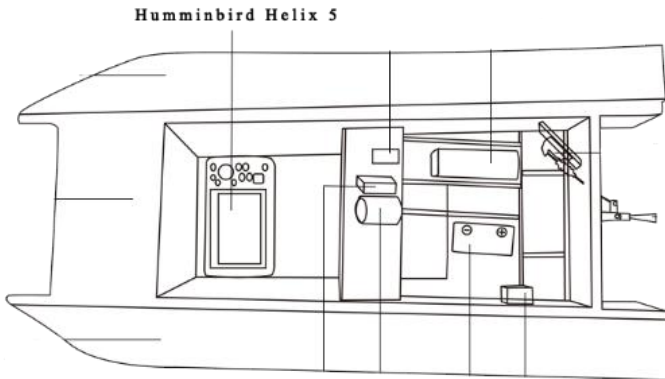
Spesifikasi sensor akustik Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Spesifikasi Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2

Sonar	<i>Side Imaging</i>
	<i>Down Imaging</i>
	<i>Dual – Beam Plus</i>
Kedalaman	1500 ft
<i>GPS</i>	Internal (Humminbird)
<i>Tranducer</i>	Eksternal (Humminbird XNT 9 SI 180 T)
<i>Waypoint, Routes, Track/Point</i>	2750, 47, 50/20000
<i>MMC Others</i>	Micro SD

(sumber : <http://www.humminbird.com/>)

Sensor akustik ini diletakkan pada lambung tengah wahana USV. Peletakkan sensor akustik pada wahana dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Letak Sensor Akustik pada Wahana USV

#### 4.1.4. Hasil Pembuatan Wahana, HIMAGE USV I

Hasil dari perancangan dan pembuatan wahana *Unmanned Surface Vehicle* (USV) adalah HIMAGE USV I. Wahana ini merupakan sebuah wahana tanpa awak yang dilengkapi sensor akustik untuk pemetaan batimetri di wilayah perairan dangkal dengan tipe kapal katamaran (memiliki 2 lambung, *port side* dan *starboard side*). Hasil dari pembuatan wahana USV, HIMAGE USV I dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Wahana USV, HIMAGE USV I

Setelah dilakukan pembuatan wahana USV, kemudian dilanjutkan ke tahap selanjutnya, yaitu pengujian terhadap wahana

itu sendiri (kebocoran wahana, daya apung dan daya angkut wahana, serta kestabilan wahana). Pengujian ini dilakukan di Danau Delapan ITS pada tanggal 15 Februari 2017. Hasil dari pengujian wahana ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Wahana USV, HIMAGE USV I

No.	Parameter Pengujian	Hasil	Catatan
1	Kebocoran	Tidak Bocor	Tidak memiliki kebocoran sedikitpun pada wahana
2	Kestabilan	Baik	Wahana stabil ketika melakukan manuver dan melewati gelombang air kecil
3	Daya Angkut Beban	Sangat Baik	Diletakkan beban seberat 15 Kg pada wahana, dan draft kedalaman kapal yaitu $\pm 7\text{cm}$
4	Daya Apung	Sangat Baik	Wahana memiliki daya apung yang sangat baik dengan 2 lambung ( <i>Port Side</i> dan <i>Starboard Side</i> )

Setelah dilakukan pengujian dan disimpulkan bahwa wahana HIMAGE USV I dapat melakukan pengukuran batimetri dengan baik, maka Wahana HIMAGE USV I dapat melakukan batimetri pada daerah penelitian, yaitu di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

Kemudian setelah melakukan survei batimetri di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, dilakukan evaluasi terkait dengan penggunaan wahana untuk survei batimetri. Wahana HIMAGE USV I memiliki kelebihan dan keunggulan dari wahana - wahana penelitian yang telah dilakukan. Kelebihan tersebut adalah :

### 1. Wahana USV dengan Tipe Katamaran

Tipe kapal katamaran merupakan tipe terbaik untuk wahana USV. Hal ini terkait kestabilan wahana dalam melakukan survei dan beban yang diangkut juga dapat lebih berat. Hal yang berperan sangat penting dalam kestabilan wahana USV itu sendiri adalah 2 lambung yang dimilikinya, yaitu lambung kiri dan lambung kanan. Ini menjadi keunggulan utama pada penggunaan wahana USV, HIMAGE USV I.

### 2. Sensor Akustik yang Digunakan

Sensor akustik yang digunakan sangatlah berpengaruh terhadap kualitas survei batimetri. Sensor akustik yang digunakan pada wahana HIMAGE USV I, yaitu Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2 dinilai cocok untuk survei batimetri di wilayah perairan dangkal. Hal ini dikarenakan kemampuan *transducer* yang dapat memancarkan 2 sonar sekaligus, yaitu *down imaging* dan *side imaging*. Hal ini sangatlah efisien dalam melakukan survei batimetri, karena data yang didapatkan lebih banyak, yaitu data kedalaman, posisi, dan citra *side scan sonar*.

Namun, dari pengukuran batimetri menggunakan Wahana HIMAGE USV I di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, juga memiliki beberapa kendala. Kendala tersebut adalah :

### 1. Kendala pada Sistem Pendingin Motor

Dikarenakan wahana ini menggunakan sistem pendingin dengan menyedot air dari luar, kemudian masuk ke motor, dan dikeluarkan melalui saluran pembuangan, maka ketika penyedotan, banyak kotoran masuk dan menyumbat pipa penyedotan. Hal ini berakibat terhentinya sirkulasi air dan motor wahana menjadi panas. Ketika motor panas, untuk beberapa saat, motor akan terhenti otomatis hingga motor kembali dingin.



## 2. Kendala pada Sistem Alarm Baterai

Pada wahana USV yang digunakan, dipasang alarm pada baterai. Alarm ini akan berbunyi ketika 1 per satu cell habis (baterai yang digunakan memiliki 4-cell). Permasalahannya adalah ketika wahana berada jauh terhadap pengguna, alarm tidak terdengar jelas, sehingga ketika baterai habis, wahana akan berhenti dan tidak dapat dikendalikan lagi.

## 3. Kendala pada Keteraturan Jalur Pemeruman

Display sensor akustik pada wahana USV, dipasang pada bagian dalam wahana. Hal ini sangat menyulitkan pengguna untuk melakukan survei batimetri dengan jalur pemeruman yang teratur. Hal ini juga berakibat pada banyaknya data *side imaging* yang bertumpukan, sehingga menyulitkan dalam hal pengolahan.

Walaupun masih memiliki beberapa kendala dalam penggunaannya, tetapi pembuatan wahana HIMAGE USV I, dinilai sudah cukup baik. Hal ini dikarenakan wahana HIMAGE USV I cukup stabil, tidak memiliki kebocoran, dan cukup tahan pada permukaan air yang memiliki sedikit *obstacle* (daun, plastik, tanaman kecil).

## **4.2. Hasil Pengukuran Tinggi Air Danau Sesaat**

Pengukuran ini dilakukan pada tanggal 25 Maret 2017 di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Letak rambu ukur pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Letak Rambu Ukur Pengukuran Tinggi Air Danau Sesaat

Pengukuran ini dilakukan dengan cara membaca tinggi permukaan air pada rambu ukur dengan interval per 15 menit selama pemetaan danau berlangsung. Pengukuran ini dimulai pada pukul 10.30 WIB hingga pukul 15.00 WIB. Dari data pengukuran tinggi air danau sesaat, didapatkan 19 data tinggi air danau sesaat. Data pengamatan ini dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Pengamatan Tinggi Air Danau Sesaat

No	Pukul (WIB)	Bacaan (m)
1	10.30	2.10
2	10.45	2.10

No	Pukul (WIB)	Bacaan (m)
3	11.00	2.10
4	11.15	2.10
5	11.30	2.10
6	11.45	2.10
7	12.00	2.10
8	12.15	2.10
9	12.30	2.10
10	12.45	2.10
11	13.00	2.10
12	13.15	2.10
13	13.30	2.10
14	13.45	2.10
15	14.00	2.10
16	14.15	2.10
17	14.30	2.10
18	14.45	2.10
19	15.00	2.10

Dari data pengukuran tinggi air danau sesaat, kemudian dihitung rata-ratanya. Hasil rata-rata tinggi air danau sesaat, kemudian dikurangkan dengan pembacaan tinggi air danau ketika pertama kali dilakukan pemasangan rambu ukur, yaitu 2.10 m. Sehingga perubahan tinggi air danau sesaat Danau Ranu Grati,

Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur pada tanggal 25 Maret 2017 pada pukul 10.30 WIB hingga pukul 15.00 WIB adalah 0.00 meter atau bisa dikatakan tidak memiliki perubahan. Dikarenakan dari hasil pengukuran tinggi air danau sesaat ini tidak memiliki perubahan, maka data kedalaman dari data *down imaging* tidak perlu dikurangkan dengan rata-rata tinggi air danau sesaat.

#### **4.3. Hasil dan Analisa Pemetaan Danau**

Dari pemetaan danau dengan menggunakan wahana *USV*, didapatkan 2 data, yaitu data *down imaging* dan *side imaging*. Dari 2 data ini kemudian dilakukan pengolahan data sehingga menghasilkan *output* dari masing-masing data. Kemudian dari *output* yang dihasilkan dilakukan juga analisa dari masing-masing data yang didapatkan. Penjelasan mengenai hasil dan analisa dari pemetaan danau menggunakan wahana *USV* sebagai berikut :

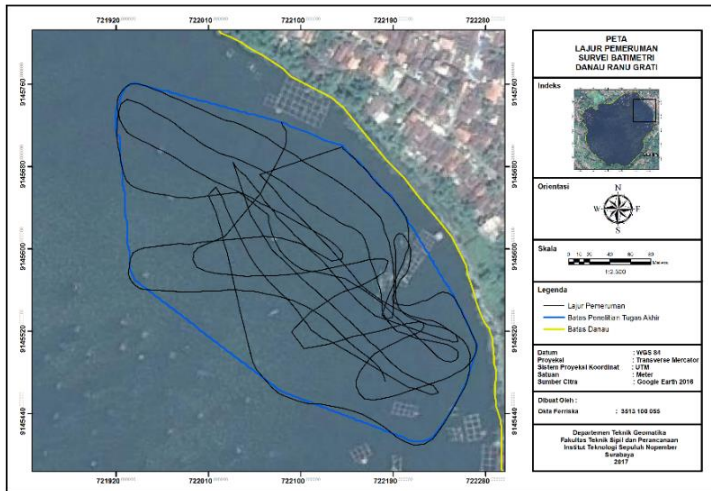
##### **4.3.1. Hasil Data Down Imaging Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle)**

Pemetaan ini dilakukan pada tanggal 25 Maret 2017 di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Data *down imaging* dari hasil survei batimetri menggunakan wahana *USV (Unmanned Surface Vehicle)* ini terlihat pada Lampiran 1.

Dari pengukuran danau yang dilakukan, didapatkan data *down imaging* dengan rentang kedalaman antara -8.17 meter (minimum) hingga -86.87 meter (maksimum) terhadap permukaan air danau (kedalaman lokal). Kemudian pada nilai kedalaman setiap *point down imaging* ditambah dengan kedalaman *transducer* rata-rata (-0.07 meter) sebagai pengkoreksian data kedalaman. Data *down imaging* dengan nilai kedalaman yang sudah dikoreksi dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dari data *down imaging* terkoreksi, kemudian di plot ke dalam perangkat lunak ArcGIS 10.3 untuk mendapatkan visualisasi point pengukuran dari hasil survei batimetri sebagai lajur pemeruman.

Lajur pemeruman survei batimetri dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Lampiran 2.



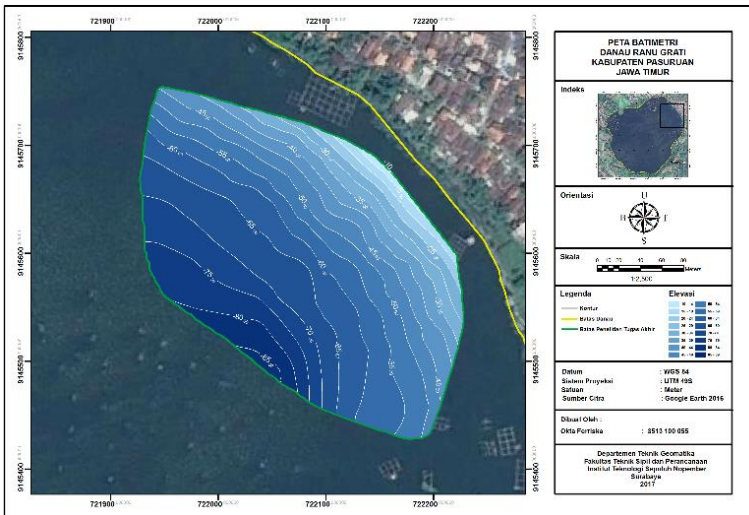
Gambar 4.13 Peta Lajur Pemeruman Survei Batimetri Danau Ranu Grati

Dalam pengolahan data *down imaging* ini, dibagi menjadi 2 bagian untuk mendapatkan 2 *output* yang berbeda. Bagian tersebut adalah :

#### **4.3.1.1. Pembuatan Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur**

Salah satu *output* dalam pengolahan data *down imaging* adalah Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Dari data *down imaging* terkoreksi kemudian dibuat kontur dengan interval 5 meter (kontur minor = 5, kontur major = 10) dengan perangkat lunak global mapper. Hasil pembuatan kontur ini kemudian dimasukkan kedalam perangkat lunak ArcGIS 10.3 dan menghasilkan peta batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Peta batimetri Danau Ranu Grati,

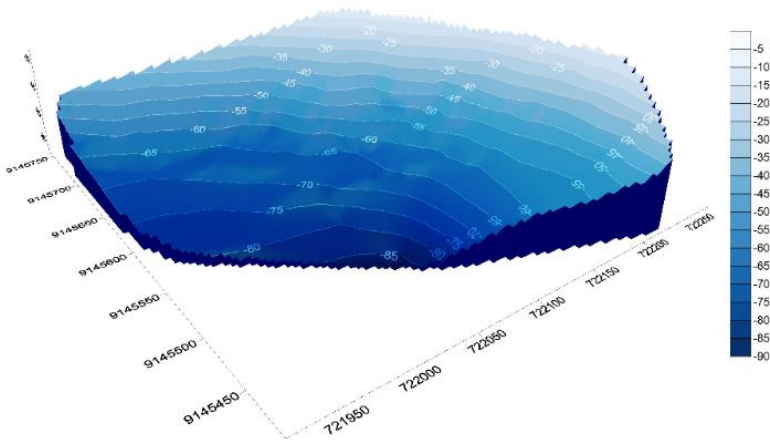
Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Lampiran 3.



Gambar 4.14 Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur

#### **4.3.1.2. Pembuatan Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur**

Dari data *down imaging* terkoreksi, dilakukan juga pembuatan visualisasi 3D batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Hasil dari pembuatan visualisasi 3D batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Lampiran 4.



Gambar 4.15 Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur

Dari data *down imaging*, juga dilakukan verifikasi kedalaman berdasarkan *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44, 1989*

Ketelitian data *down imaging* dari hasil pengukuran dapat digolongkan menjadi beberapa orde pengukuran. Orde-orde ini telah dituliskan dalam *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, SP.44, 1989* yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Standar Pengukuran Batimetri Menurut IHO 3<sup>th</sup> 1989

Deskripsi	Orde Khusus	Orde 1	Orde 2	Orde 3
<i>Akurasi Horizontal</i>	2m	5m + 5% dari kedalaman rata-rata	20m + 5% dari kedalaman rata-rata	150m + 5% dari kedalaman rata-rata
<i>Akurasi Kedalaman</i>	a = 0.25 m b = 0.0075	a = 0.5 m b = 0.013	a = 1.0 m b = 0.023	a = 1.0 m b = 0.023
Garis Pantai	10 m	20 m	20 m	20 m

Deskripsi	Orde Khusus	Orde 1	Orde 2	Orde 3
Alat bantu navigasi terapung	10 m	10 m	20 m	20 m
Kenampakan Topografi	10 m	10 m	20 m	20 m

(sumber : *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44, 1989*)

Catatan :

a dan b adalah variabel yang digunakan untuk menghitung ketelitian kedalaman.

Orde ketelitian pemeruman dihitung dari selisih kedalaman antara data *down imaging* yang menyilang atau memiliki koordinat yang berdekatan. Sampel data *down imaging* yang menyilang dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Sampel Data *Down Imaging* yang Menyilang

Mengacu pada persamaan 2.1, maka dari data *down imaging* dilakukan uji akurasi kedalaman data *down imaging*. Berdasarkan data kedalaman dari point ke 49 (65.07 meter) dan point 573 (65.17



meter), didapatkan selisih kedalaman sebesar 0.01 meter dan didapatkan rata-rata kedalaman titik tersebut adalah 65.12. Selanjutnya didapatkan nilai standar deviasi ( $\sigma$ ) berdasarkan orde 1 ( $a=0.50$  dan  $b=0.013$ ) pada kedalaman rata-rata (65.12 meter), yaitu  $\pm 1.103$  meter. Pada beberapa sampel *cross*, juga dilakukan perhitungan yang sama seperti di atas. Sampel hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8| Sampel Ketelitian Data Cross, Down Imaging

N o.	Data Down Imaging 1				Data Down Imaging 2				Rata- Rata	Selisih Kedalaman	Standar Deviasi $\sigma = \pm \sqrt{(a^2 + (bx)^2)}$
	Point	X (m)	Y (m)	Z (m)	Point	X (m)	Y (m)	Z (m)			
1	389	722081.2	9145553.1	67.36	20	722081.0	9145556.0	67.56	67.46	0.2	$\pm 1.126 \text{ m}$
2	310	722244.0	9145511.0	27.07	247	722237.0	9145508.0	27.57	27.32	0.5	$\pm 0.791 \text{ m}$
3	445	722203.0	9145535.0	38.67	302	72226.0	9145535.0	38.27	38.47	0.4	$\pm 0.866 \text{ m}$
4	560	722026.0	9145612.0	64.67	404	722023.0	9145616.0	64.57	64.62	0.1	$\pm 1.098 \text{ m}$
5	145	722179.0	9145540.0	46.37	255	722179.0	9145536.0	46.07	46.22	0.3	$\pm 1.126 \text{ m}$

Tabel 4.8 Sampel Ketelitian Data Cross, Down Imaging



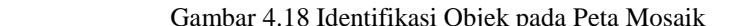
### Analisa *Side Scan Sonar Mosaic Map*

Dari *side scan sonar mosaic map*, dapat diketahui kenampakan permukaan dasar laut dan tekstur dasar laut yang kasar dan halus. Bagian yang memiliki tekstur kasar akan memberikan sinyal hambur balik yang lebih kuat dan intensitas warna yang cerah dibandingkan dengan kenampakan tekstur yang halus dengan intensitas warna gelap yang mewakili daerah dengan hambur balik rendah. Dua parameter utama yang berpengaruh terhadap nilai hambur balik adalah kekasaran/tekstur dan kepadatan dari jenis penutup permukaan, yaitu batu, pasir, atau jenis biologis di dasar laut (Manik Hendry, dkk, 2016).

Menurut Made Dwiva (2014), Interpretasi citra scan scan sonar menurut intensitas warna dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

- Sangat gelap yaitu dimana kondisi permukaan dasar laut yang sangat keras dan sangat kasar, seperti lumpur, konstruksi, pipa logam, barel minyak, kontainer kargo dan bangkai kapal.
- Gelap yaitu dimana kondisi permukaan yang keras dan kasar seperti kerikil dan pasir yang kasar, tanah gambut, tanah liat keras yang kasar, objek buatan manusia yang kemungkinan besar logam, plastik dan kayu.
- Menengah yaitu dimana kondisi permukaan menengah, seperti pasir, riak pasir kasar yang tidak terjadi pada permukaan sedimen yang lebih halus.
- Terang yaitu dimana kondisi permukaan yang lembut dan halus seperti tanah liat dan endapan lumpur.
- Sangat terang yaitu dimana kondisi permukaan yang sangat lembut dan sangat halus seperti tanah liat halus dan *rock outcrop*.

Misalnya pada data R00008 contact001 - Port. Dari Gambar 4.18, dapat di identifikasikan bahwa adanya riak pasir pada lokasi tersebut. Hal ini dikarenakan terlihat adanya pergerakan sedimen berukuran kecil pada hasil Peta Mosaik *Side Scan Sonar*.



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian tugas akhir ini, maka didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Telah terbuatnya wahana USV, yaitu HIMAGE USV I. Wahana ini bertipe kapal katamaran dengan 2 lambung. Sensor akustik yang digunakan adalah Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2. Wahana ini digerakkan oleh *single propeller* berdiameter 38 mm dan dikontrol secara manual menggunakan *remote control* dengan jarak maksimal 2500 m. Pada wahana ini juga dipasang *alarm* pada baterai dan pendingin motor agar motor pada wahana tidak mengalami panas yang berlebihan / *overheat*.
2. Wahana USV yang digunakan, yaitu HIMAGE USV I, telah melakukan pengukuran batimetri di Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Dari pengukuran batimetri menggunakan wahana HIMAGE USV I, dilakukan analisa terhadap wahana USV itu sendiri dan analisa terhadap hasil pengukuran danau. Hasil analisa wahana USV tersebut adalah :
  - a. Wahana HIMAGE USV I memiliki keunggulan terkait tipe wahana yang digunakan, yaitu tipe katamaran. Kemudian wahana HIMAGE USV I juga memiliki keunggulan terkait sensor akustik yang digunakan, yaitu Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2, yang dapat memancarkan sonar *down imaging* dan *side imaging* dalam waktu yang bersamaan dan pada satu *transducer*.
  - b. Wahana HIMAGE USV I masih memiliki kendala pada sistem pendingin motor dengan sistem sirkulasi air dari media air luar ke dalam karena banyaknya *obstacle* yang tersangkut pada mesin pendingin, alarm

baterai yang tidak terdengar oleh pengguna karena diletakkan didalam wahana, dan *display* sensor akustik yang tidak dapat dilihat oleh pengguna karena terletak di dalam wahana juga.

Oleh karena itu, perlu dilakukannya perbaikan, agar pengukuran batimetri menggunakan wahana USV, HIMAGE USV I dapat dilakukan secara optimal. Sedangkan untuk analisa terhadap hasil pengukuran, didapatkan bahwa :

- a. Dari pengukuran tinggi air danau sesaat, didapatkan hasil perbedaan tinggi air sebesar 0.0 meter. Hal ini berarti tidak terjadinya perubahan tinggi air Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur pada tanggal 25 Maret 2017 dari pukul 10.30 hingga pukul 15.00 WIB
  - b. Dari pengukuran batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur didapatkan kedalaman (z) antara -8.17 meter (minimum) hingga - 86.87 (maksimum) terhadap permukaan air danau.
  - c. Dari pengambilan 6 sample secara acak dari data *down imaging* dengan lajur bersilangan antara perum utama dengan perum silang, didapatkan bahwa dari 6 sample tersebut, semuanya dapat dikategorikan memenuhi standar orde 1 menurut *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 3th Edition, Special Publication No.44 1989*.
  - d. Permukaan dasar Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur pada wilayah penelitian ini, ditutupi lumpur dan pasir.
3. Telah dibuatnya Peta Batimetri, Visualisasi 3D Batimetri dan Peta Mosaik *Side Scan Sonar* Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.



## 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Agar wahana dapat bertahan lama dalam pengukuran, sangat diperlukannya sistem pendingin mesin yang cocok, sehingga tidak terjadi permasalahan seperti tersangkutnya objek pada pendingin mesin dengan sistem penyedot / sirkulasi dari air danau ke mesin.
2. Perlu dikembangkannya wahana USV, HIMAGE USV I dalam hal daya waktu penggunaan wahana, sistem pendingin mesin, kontrol dengan manual dan *alarm battery* jarak jauh.
3. Sangat direkomendasikan agar dipasangnya sensor telemetri pada sensor akustik dan *tranducer*, agar *display* sensor akustik dapat dilihat oleh pengguna dan pemeruman dapat dilakukan dengan jalur yang teratur.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal. 2010. *Survei Hidrografi Menggunakan Singlebeam Echosounder (SNI 7646)*. Bakosurtanal : 4 - 7.
- BlackSheep, Team. 2014. *TBS 4500 MAh 4S 30 C Lipo Battery* ([http://team-lacksheep.com/products/prod:max\\_flight\\_time](http://team-lacksheep.com/products/prod:max_flight_time) diakses pada 23 Januari 2017).
- Djunarsjah, E. 2001. Standar Survei (Baru) dalam Survei Hidrografi (SP-44 IHO tahun 1998). Forum Ilmiah Tahunan ISI. Surabaya.
- Hughes, Kurt. 2013. *75' Term Charter Catamaran* ([http://www.multihulldesigns.com/designs\\_other/75chcat.htm](http://www.multihulldesigns.com/designs_other/75chcat.htm) diakses pada 23 Januari 2017).
- Humminbird. 2014. *Helix 5 CHIRP SI GPS G2* (<http://www.humminbird.com/Products/HELIX-5-CHIRP-SI-GPS-G2/> diakses pada 23 Januari 2017).
- Indonesia, RC Boat. 2015. *TOPEDGE 3660 Inrunner Brushless Motor with Cooling Barrel – KV2726* (<http://rcboatracindonesia.com/products.php?product=TOPEDGE-3660-Inrunner-Brushless-Motor-w%7B47%7D-Cooling-Barrel%252dKV2726> diakses pada 23 Januari 2017).
- International Hydrographic Organization*. 1989. *Standards for Hydrographics Surveys 3<sup>th</sup> Edition, Special Publication No.44*. Copenhagen.
- Iskendar. 2013. *Kapal Katamaran Bergelombang Kecil (Low Wash Katamaran Ship)*. BPPT
- Klein Associates, Inc. 1985. *Side Scan Sonar Record Interpretation*. Klein Associates, Inc. New Hampshire. USA
- Larry C, 2014. *Best Down & Side Imaging Shot* (<https://sixoldgeezers.forumchitchat.com/post/best-down-side-imaging-shot7153256>, diakses pada 19 Juli 2016).
- MacLennan, D.N dan E.J. Simmonds. 2005. *Fisheries Acoustic*, 2<sup>th</sup> Edition. Blackwell Science. Oxford. UK.

- Mahyuddin MF. 2008. Penggunaan Perangkat Lunak Sonar Pro Untuk Pengolahan Data Side Scan Sonar. Skripsi. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Institut Teknologi Bandung, ITB.
- Manik, Hendry M & Charnila, Dwi. 2010. Pemetaan dan Klasifikasi Sedimen dengan Instrumen *Side Scan Sonar* di Perairan Balongan, Indramayu – Jawa Timur. IPB : Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan No.1 Vol 1, 105-112.
- Newman, Paul. 2010. *Unmanned Vehicle For Shallow and Coastal Waters*. Douglas-Westwood Limited : 35 – 54.
- Nugraha, I Made Dwiva Satya. 2014. Studi Aplikasi Multibeam Echosounder dan Side Scan Sonar untuk Mendeteksi Free Span pada Saluran Pipa Bawah Laut. ITS : Journal of Geodesy and Geomatics Vol. 1 No.1, 65 – 69.
- Parkinson, B.W. 1996. Echosounder : Theory and Applications, chap. 1 : Introduction and Heritage of NAVSTAR, the Global Positioning System. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Hal 3-28. Washington.
- Perbani, Ni Made Ratih & Suwardhi, Deni. 2014. Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi Berbasis Sistem *Unmanned Surface Vehicle (USV)* untuk Survey Batimetri. ITENAS : Jurnal Itenas Rekayasa ISSN : 1410-3125 No.1 Vol.XVIII, 1-22.
- Prabhu, T. 2016. *Unmanned Surface Vehicle (USV) For Coastal Surveillance*. Rathinam Technical Campus : International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Vol.7 Issue 3, 13 – 27.
- Propo, JR. 2009. X2720  
([http://jrpropo.co.jp/english/products/propo/details.php?hen=00553&db\\_flg=eng\\_db1](http://jrpropo.co.jp/english/products/propo/details.php?hen=00553&db_flg=eng_db1) diakses pada 23 Januari 2017).
- Romano Alberto, Duranti Pierluigi. 2012. *Autonomous Unmanned Surface Vessels for Hydrographic Measurement and environmental Monitoring*. TS04D : Hydrographic Technologies 6118, 1 - 15. Italy.

- Sari, Soetji Poernama. 2009. *Deteksi dan Interpretasi Target di Dasar Laut Menggunakan Side Scan Sonar*. Seminar Nasional komisi A4, IPB : Bogor.
- Suhari Ketut Tommy, Apriyandika Kadek Sukma, Rahmawati, Hasan M.Zainuri. 2016. *The Small Hydrography Marine Boundary Boat (Shumoo) For Mapping Bathymetry Of Shallow Water Area*. ITN : Malang.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data *Down Imaging*

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	722182	9145471	-50.57
2	722181	9145475	-51.37
3	722179	9145480	-50.97
4	722176	9145485	-52.27
5	722171	9145490	-52.67
6	722165	9145495	-53.67
7	722158	9145500	-54.37
8	722153	9145504	-54.67
9	722146	9145510	-55.57
10	722140	9145516	-56.97
11	722135	9145521	-57.37
12	722129	9145527	-60.07
13	722125	9145531	-59.57
14	722118	9145536	-60.87
15	722112	9145540	-62.07
16	722105	9145544	-62.47
17	722098	9145547	-63.67
18	722092	9145550	-63.77
19	722087	9145551	-65.97
20	722081	9145553	-67.37
21	722073	9145555	-67.27
22	722066	9145556	-68.07
23	722058	9145558	-69.27

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
24	722051	9145559	-70.87
25	722044	9145559	-75.17
26	722037	9145560	-74.87
27	722030	9145560	-74.47
28	722022	9145559	-73.27
29	722015	9145559	-72.47
30	722008	9145559	-71.07
31	722000	9145558	-70.27
32	721993	9145558	-68.57
33	721986	9145558	-68.47
34	721950	9145560	-78.77
35	721944	9145561	-81.17
36	721938	9145565	-80.67
37	721934	9145570	-80.57
38	721932	9145576	-75.87
39	721933	9145583	-73.67
40	721934	9145590	-71.57
41	721937	9145596	-70.97
42	721942	9145599	-70.37
43	721948	9145601	-69.97
44	721957	9145602	-68.37
45	721965	9145603	-67.67
46	721974	9145604	-66.57
47	721982	9145605	-65.77
48	721991	9145604	-65.57
49	722001	9145606	-65.07

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
50	722019	9145608	-65.17
51	722064	9145612	-61.77
52	722074	9145611	-61.57
53	722082	9145610	-60.87
54	722092	9145607	-59.97
55	722100	9145605	-58.07
56	722130	9145588	-54.87
57	722140	9145590	-49.57
58	722141	9145595	-47.67
59	722137	9145600	-46.77
60	722132	9145605	-47.17
61	722125	9145610	-48.37
62	722118	9145614	-48.67
63	722111	9145618	-50.37
64	722103	9145622	-49.87
65	722096	9145626	-50.07
66	722089	9145630	-51.27
67	722082	9145634	-52.07
68	722075	9145637	-53.37
69	722068	9145641	-53.17
70	722061	9145644	-57.37
71	722053	9145649	-58.47
72	722047	9145652	-58.57
73	722038	9145656	-60.57
74	722031	9145659	-60.97
75	722022	9145663	-59.97

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
76	722015	9145666	-59.37
77	722008	9145670	-60.47
78	722001	9145674	-60.67
79	721993	9145678	-61.07
80	721987	9145682	-60.57
81	721980	9145687	-60.37
82	721973	9145691	-59.87
83	721966	9145695	-60.47
84	721959	9145698	-59.67
85	721952	9145702	-58.67
86	721945	9145705	-59.97
87	721937	9145709	-60.97
88	721931	9145713	-61.87
89	721927	9145719	-60.87
90	721924	9145725	-59.97
91	721921	9145739	-55.47
92	721922	9145747	-51.37
93	721925	9145752	-49.17
94	721929	9145757	-47.27
95	721934	9145760	-43.37
96	721942	9145760	-43.57
97	721950	9145758	-42.57
98	721957	9145755	-41.67
99	721965	9145752	-41.47
100	721973	9145748	-39.17
101	721981	9145745	-39.67



No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
102	721988	9145742	-40.57
103	721996	9145738	-40.77
104	722004	9145735	-39.97
105	722012	9145731	-39.17
106	722019	9145728	-37.37
107	722026	9145725	-38.37
108	722035	9145723	-35.57
109	722043	9145720	-34.47
110	722051	9145716	-35.77
111	722059	9145712	-35.67
112	722067	9145708	-37.97
113	722074	9145703	-38.07
114	722081	9145698	-38.77
115	722089	9145694	-36.07
116	722096	9145690	-34.77
117	722102	9145685	-32.97
118	722109	9145681	-31.57
119	722116	9145677	-32.67
120	722123	9145673	-29.57
121	722130	9145669	-28.37
122	722136	9145665	-30.97
123	722142	9145661	-27.97
124	722149	9145656	-27.77
125	722154	9145652	-26.47
126	722161	9145646	-24.27
127	722166	9145642	-24.27

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
129	722177	9145631	-25.07
130	722180	9145624	-24.27
131	722181	9145618	-26.47
132	722184	9145611	-29.47
133	722186	9145606	-29.47
134	722187	9145599	-32.37
135	722189	9145591	-35.17
136	722190	9145583	-36.07
137	722191	9145566	-39.77
138	722191	9145559	-40.07
139	722191	9145551	-40.87
140	722190	9145545	-41.87
141	722190	9145539	-42.17
142	722189	9145533	-45.17
143	722183	9145532	-46.27
144	722181	9145535	-47.17
145	722179	9145540	-46.37
146	722179	9145545	-46.07
147	722178	9145556	-45.17
148	722177	9145561	-44.57
149	722175	9145567	-44.67
150	722173	9145574	-43.87
151	722171	9145580	-43.87
152	722169	9145585	-42.57
153	722167	9145591	-40.47
154	722166	9145597	-38.47

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
155	722164	9145603	-39.07
156	722162	9145609	-37.57
157	722159	9145614	-36.47
158	722154	9145618	-36.77
159	722149	9145621	-40.17
160	722143	9145623	-44.07
161	722137	9145626	-43.77
162	722132	9145630	-44.27
163	722126	9145633	-45.07
164	722120	9145637	-43.47
165	722115	9145641	-41.07
166	722109	9145644	-41.67
167	722103	9145649	-45.27
168	722096	9145654	-44.57
169	722090	9145659	-45.67
170	722085	9145663	-45.67
171	722079	9145667	-46.67
172	722074	9145670	-49.77
173	722068	9145673	-49.47
174	722061	9145677	-49.17
175	722041	9145686	-51.37
176	722034	9145689	-50.67
177	722026	9145691	-52.97
178	722020	9145693	-52.67
179	722013	9145697	-52.67
180	722007	9145700	-51.67

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
181	722001	9145704	-50.87
182	721996	9145708	-50.77
183	721988	9145713	-51.67
184	721983	9145717	-50.07
185	721977	9145722	-49.27
186	721971	9145726	-47.37
187	721965	9145729	-47.37
188	721957	9145733	-48.57
189	721951	9145737	-48.67
190	721944	9145741	-49.17
191	721938	9145743	-48.97
192	721931	9145745	-51.97
193	721925	9145741	-54.87
194	721922	9145730	-61.77
195	721921	9145716	-63.77
196	721921	9145708	-64.47
197	721922	9145700	-66.57
198	721924	9145692	-67.57
199	721925	9145683	-67.87
200	721927	9145675	-69.57
201	721930	9145667	-69.67
202	721934	9145662	-69.47
203	721940	9145659	-69.27
204	721948	9145656	-69.27
205	721956	9145654	-69.07
206	721963	9145653	-68.87

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
207	721971	9145652	-68.17
208	721978	9145650	-67.37
209	721985	9145650	-67.07
210	721993	9145649	-67.07
211	722001	9145650	-65.97
212	722023	9145653	-63.37
213	722032	9145654	-61.17
214	722040	9145655	-60.27
215	722068	9145633	-57.57
216	722069	9145625	-60.07
217	722072	9145615	-59.77
218	722075	9145607	-62.17
219	722080	9145598	-63.27
220	722086	9145591	-62.17
221	722093	9145585	-62.07
222	722101	9145580	-60.47
223	722109	9145578	-59.77
224	722117	9145577	-58.57
225	722126	9145575	-56.87
226	722143	9145571	-53.67
227	722149	9145567	-51.47
228	722156	9145563	-49.67
229	722164	9145558	-48.57
230	722171	9145553	-47.17
231	722178	9145548	-45.87
232	722192	9145534	-42.97

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
233	722198	9145529	-42.57
234	722204	9145523	-41.87
235	722210	9145517	-40.87
236	722223	9145505	-37.77
237	722228	9145500	-36.77
238	722234	9145494	-34.37
239	722240	9145491	-30.17
240	722246	9145490	-26.17
241	722251	9145492	-23.37
242	722253	9145495	-22.17
243	722253	9145499	-21.07
244	722252	9145501	-22.47
245	722246	9145505	-23.57
246	722242	9145507	-25.37
247	722237	9145508	-27.57
248	722232	9145509	-30.17
249	722228	9145510	-34.87
250	722223	9145511	-35.47
251	722212	9145513	-39.87
252	722207	9145515	-40.97
253	722203	9145517	-41.57
254	722193	9145520	-43.97
255	722179	9145536	-46.07
256	722186	9145556	-41.37
257	722190	9145564	-39.67
258	722193	9145572	-37.57

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
259	722200	9145587	-30.47
260	722202	9145595	-26.47
261	722205	9145601	-24.97
262	722205	9145608	-21.57
263	722205	9145617	-17.37
264	722204	9145624	-12.67
265	722202	9145631	-12.17
266	722198	9145637	-9.97
267	722194	9145643	-10.47
268	722190	9145648	-9.77
269	722184	9145654	-10.27
270	722178	9145660	-9.17
271	722174	9145664	-9.67
272	722169	9145669	-8.77
273	722165	9145675	-8.67
274	722161	9145679	-10.67
275	722156	9145683	-9.37
276	722153	9145687	-8.97
277	722150	9145690	-8.17
278	722147	9145692	-8.37
279	722145	9145694	-9.37
280	722143	9145696	-9.37
281	722141	9145697	-9.27
282	722140	9145699	-9.57
283	722060	9145672	-52.07
284	722065	9145667	-51.37

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
285	722072	9145660	-51.27
286	722077	9145654	-52.17
287	722082	9145647	-51.77
288	722089	9145640	-50.57
289	722095	9145635	-45.67
290	722115	9145614	-51.97
291	722121	9145608	-52.67
292	722127	9145602	-54.17
293	722134	9145594	-52.97
294	722140	9145587	-52.47
295	722152	9145573	-51.17
296	722157	9145566	-49.57
297	722164	9145560	-48.77
298	722171	9145555	-46.87
299	722178	9145550	-44.97
300	722192	9145542	-40.77
301	722198	9145539	-39.37
302	722206	9145535	-38.27
303	722213	9145533	-35.57
304	722221	9145531	-33.47
305	722228	9145530	-30.77
306	722235	9145527	-28.27
307	722251	9145516	-19.37
308	722253	9145510	-20.37
309	722248	9145509	-22.57
310	722244	9145511	-27.07

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
311	722238	9145512	-31.47
312	722172	9145535	-50.17
313	722166	9145540	-51.87
314	722161	9145544	-53.57
315	722155	9145549	-53.57
316	722151	9145554	-53.57
317	722146	9145559	-54.17
318	722143	9145563	-54.17
319	722139	9145568	-55.47
320	722134	9145573	-54.97
321	722122	9145587	-55.47
322	722117	9145592	-55.37
323	722112	9145596	-55.17
324	722099	9145609	-55.47
325	722094	9145613	-55.47
326	722090	9145618	-55.47
327	722085	9145623	-55.37
328	722081	9145627	-56.17
329	722076	9145632	-54.67
330	722074	9145636	-53.57
331	722065	9145646	-56.47
332	722062	9145651	-56.37
333	722054	9145661	-53.67
334	722050	9145666	-54.27
335	722046	9145671	-54.37
336	722041	9145675	-53.37

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
337	722037	9145679	-52.67
338	722034	9145684	-51.97
339	722047	9145645	-63.47
340	722049	9145639	-63.07
341	722051	9145633	-62.17
342	722072	9145599	-64.57
343	722077	9145594	-65.07
344	722083	9145589	-65.37
345	722088	9145584	-64.77
346	722093	9145579	-63.77
347	722098	9145574	-63.37
348	722103	9145569	-62.27
349	722109	9145564	-60.97
350	722115	9145559	-61.07
351	722120	9145554	-61.57
352	722126	9145549	-61.17
353	722137	9145539	-59.17
354	722142	9145534	-57.47
355	722148	9145529	-56.37
356	722153	9145524	-55.47
357	722158	9145519	-54.67
358	722163	9145514	-54.07
359	722167	9145509	-53.87
360	722173	9145505	-52.97
361	722178	9145500	-52.77
362	722183	9145494	-51.07

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
363	722188	9145489	-50.57
364	722193	9145485	-49.17
365	722199	9145480	-46.97
366	722205	9145477	-44.47
367	722211	9145474	-42.07
368	722216	9145472	-38.77
369	722223	9145469	-35.97
370	722229	9145467	-34.27
371	722234	9145460	-35.67
372	722227	9145458	-38.47
373	722222	9145460	-41.27
374	722217	9145462	-43.97
375	722211	9145464	-45.77
376	722205	9145465	-49.17
377	722146	9145500	-58.47
378	722139	9145504	-60.07
379	722134	9145507	-61.27
380	722127	9145511	-61.67
381	722121	9145513	-63.57
382	722116	9145517	-65.57
383	722110	9145521	-62.67
384	722106	9145527	-66.37
385	722101	9145533	-65.97
386	722097	9145539	-65.37
387	722092	9145545	-66.37
388	722087	9145551	-66.47

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
389	722081	9145556	-67.57
390	722075	9145562	-66.87
391	722069	9145568	-67.77
392	722064	9145574	-67.97
393	722059	9145580	-67.07
394	722054	9145587	-66.87
395	722049	9145595	-65.47
396	722034	9145625	-64.57
397	722027	9145640	-62.97
398	722024	9145649	-63.37
399	722017	9145660	-62.57
400	722010	9145652	-65.97
401	722013	9145645	-65.67
402	722017	9145636	-65.67
403	722020	9145626	-65.17
404	722023	9145616	-64.57
405	722025	9145606	-65.97
406	722028	9145597	-68.27
407	722041	9145539	-79.67
408	722053	9145490	-86.87
409	722057	9145482	-85.07
410	722064	9145474	-84.47
411	722072	9145465	-81.27
412	722079	9145459	-77.07
413	722089	9145455	-72.57
414	722097	9145452	-69.57

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
415	722109	9145449	-65.37
416	722119	9145449	-61.27
417	722129	9145447	-53.47
418	722141	9145445	-51.57
419	722151	9145442	-51.07
420	722160	9145439	-49.37
421	722169	9145434	-49.07
422	722178	9145429	-48.97
423	722186	9145423	-48.97
424	722193	9145417	-48.27
425	722202	9145412	-47.97
426	722210	9145409	-42.67
427	722220	9145410	-38.17
428	722228	9145415	-33.77
429	722233	9145421	-32.47
430	722239	9145430	-29.77
431	722244	9145438	-25.97
432	722250	9145448	-22.37
433	722254	9145456	-20.27
434	722259	9145464	-17.37
435	722262	9145472	-14.27
436	722264	9145481	-12.97
437	722265	9145497	-13.87
438	722262	9145505	-16.57
439	722258	9145511	-16.17
440	722246	9145520	-23.87

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
442	722236	9145524	-30.57
443	722224	9145526	-34.67
444	722209	9145532	-38.67
445	722203	9145535	-38.67
446	722199	9145538	-39.87
447	722195	9145543	-39.87
448	722193	9145549	-39.67
449	722192	9145555	-39.67
450	722192	9145561	-39.07
451	722192	9145574	-36.87
452	722192	9145579	-35.37
453	722192	9145592	-32.17
454	722192	9145598	-29.47
455	722191	9145604	-26.97
456	722191	9145609	-23.97
457	722193	9145613	-23.07
458	722196	9145615	-22.47
459	722199	9145614	-21.77
460	722202	9145610	-23.17
461	722205	9145605	-25.37
462	722207	9145599	-23.87
463	722207	9145593	-27.07
464	722205	9145581	-32.27
465	722202	9145575	-36.87
466	722197	9145570	-38.07
467	722189	9145553	-42.47

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
468	722190	9145548	-41.27
469	722194	9145546	-39.57
470	722200	9145545	-37.37
471	722207	9145545	-35.17
472	722213	9145547	-32.57
473	722218	9145549	-30.87
474	722223	9145550	-27.97
475	722228	9145553	-25.57
476	722233	9145556	-22.57
477	722238	9145558	-21.07
478	722243	9145557	-18.87
479	722248	9145554	-16.17
480	722251	9145550	-17.47
481	722253	9145545	-14.77
482	722256	9145540	-15.07
483	722258	9145535	-13.07
484	722261	9145529	-12.37
485	722264	9145523	-10.97
486	722266	9145518	-11.27
487	722269	9145512	-12.57
488	722271	9145507	-12.77
489	722271	9145501	-11.17
490	722269	9145496	-11.17
491	722266	9145491	-13.57
492	722262	9145486	-17.07
493	722257	9145482	-19.37

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
494	722251	9145479	-24.77
495	722246	9145476	-27.17
496	722239	9145473	-30.47
497	722233	9145471	-34.57
498	722218	9145466	-42.77
499	722203	9145461	-48.57
500	722195	9145458	-50.67
501	722187	9145456	-52.77
502	722178	9145454	-54.27
503	722170	9145453	-55.97
504	722162	9145454	-56.67
505	722157	9145459	-57.17
506	722154	9145466	-57.27
507	722154	9145472	-56.57
508	722157	9145480	-56.77
509	722166	9145492	-54.27
510	722172	9145498	-52.07
511	722179	9145502	-49.97
512	722186	9145506	-48.27
513	722193	9145509	-45.77
514	722200	9145513	-43.87
515	722213	9145518	-39.37
516	722218	9145521	-35.97
517	722220	9145525	-35.67
518	722219	9145528	-35.67
519	722215	9145529	-38.87

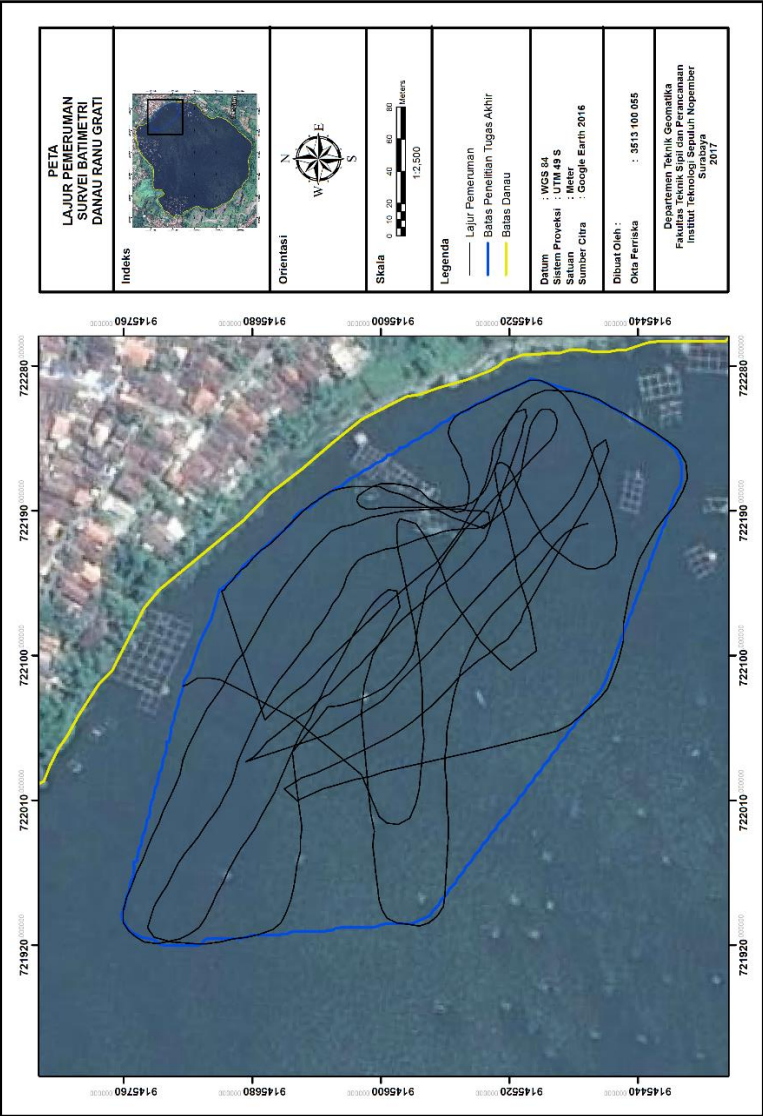


No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
520	722202	9145527	-42.07
521	722176	9145520	-49.77
522	722167	9145518	-54.27
523	722159	9145516	-56.07
524	722152	9145515	-57.27
525	722136	9145510	-61.57
526	722126	9145507	-62.57
527	722103	9145503	-66.57
528	722091	9145519	-69.77
529	722096	9145525	-67.67
530	722102	9145531	-64.97
531	722109	9145538	-62.87
532	722117	9145543	-61.27
533	722133	9145554	-56.17
534	722141	9145558	-54.47
535	722150	9145561	-51.77
536	722158	9145564	-49.27
537	722166	9145568	-46.17
538	722175	9145573	-42.97
539	722182	9145578	-39.77
540	722185	9145588	-36.27
541	722181	9145590	-38.27
542	722173	9145590	-42.77
543	722165	9145589	-44.07
544	722157	9145587	-46.47
545	722137	9145583	-53.77

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
546	722118	9145579	-58.37
547	722099	9145576	-63.97
548	722089	9145575	-64.87
549	722078	9145574	-66.27
550	722068	9145574	-67.77
551	722058	9145574	-70.07
552	722048	9145573	-69.37
553	722029	9145575	-71.27
554	722017	9145576	-69.27
555	722008	9145578	-68.07
556	721999	9145582	-66.97
557	721995	9145589	-66.17
558	721996	9145596	-65.97
559	722000	9145601	-65.47
560	722026	9145612	-64.67
561	722061	9145654	-54.17
562	722067	9145666	-50.67
563	722072	9145675	-45.77
564	722077	9145684	-41.47
565	722081	9145692	-36.97
566	722085	9145700	-32.97
567	722086	9145707	-28.37
568	722086	9145714	-25.87
569	722082	9145720	-24.97
570	722081	9145723	-24.17

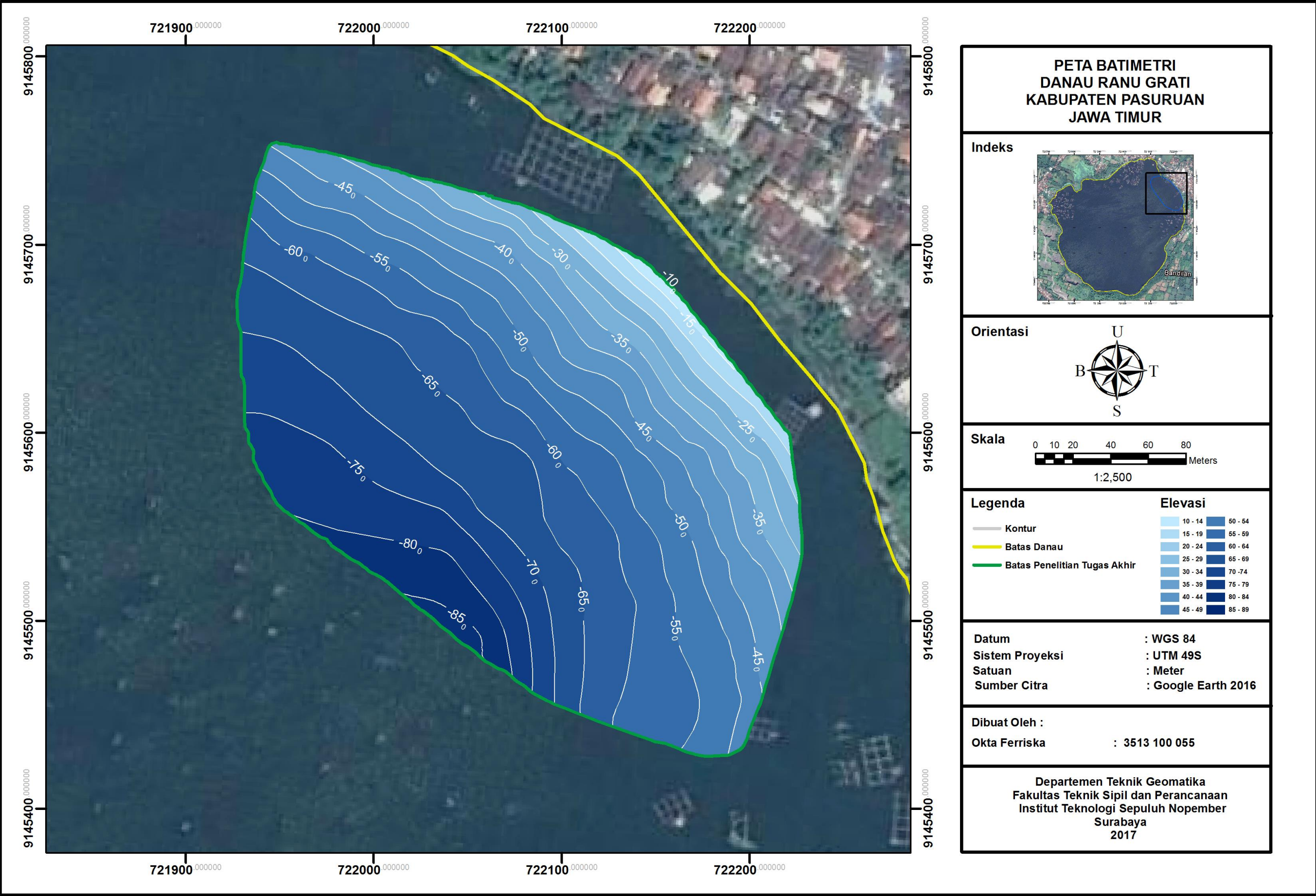


Lampiran 2. Peta Lajur Pemeruman Survei Batimetri Danau Ranu Grati



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

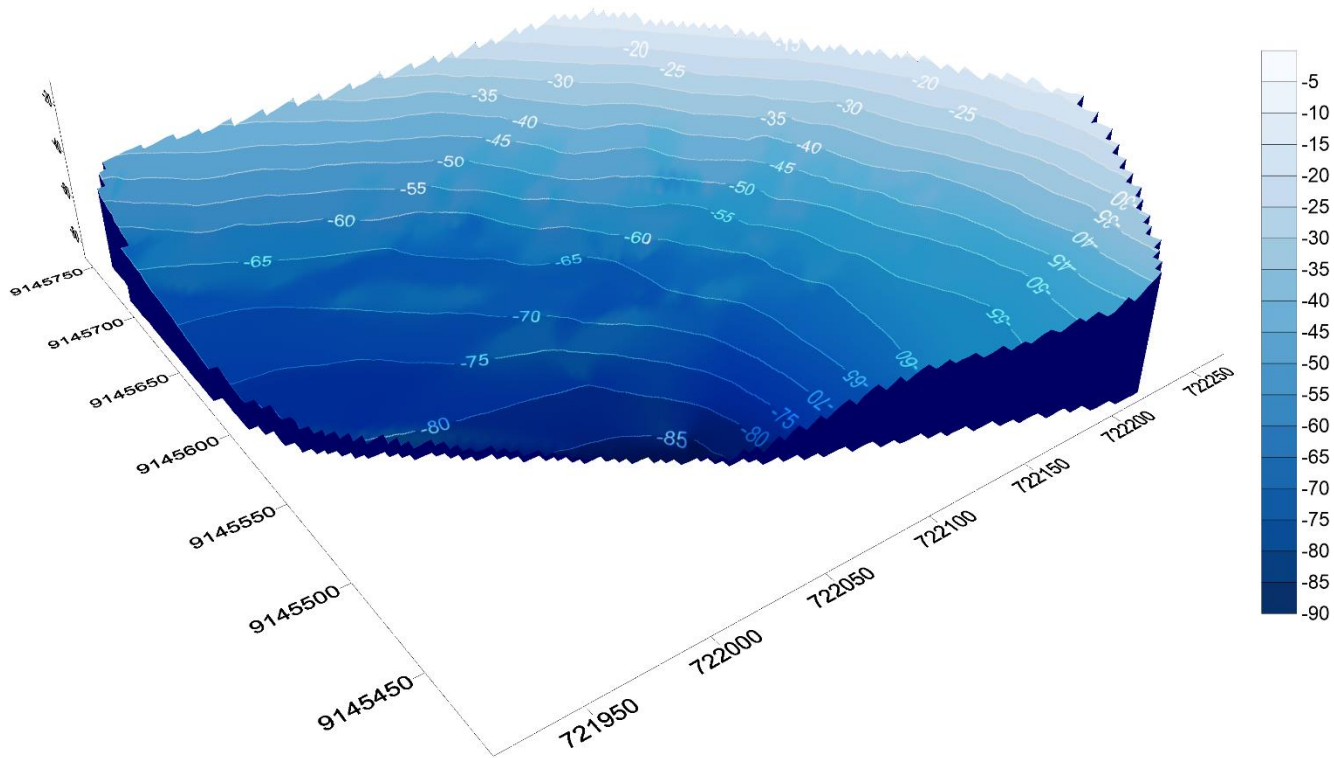
Lampiran 3. Peta Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur



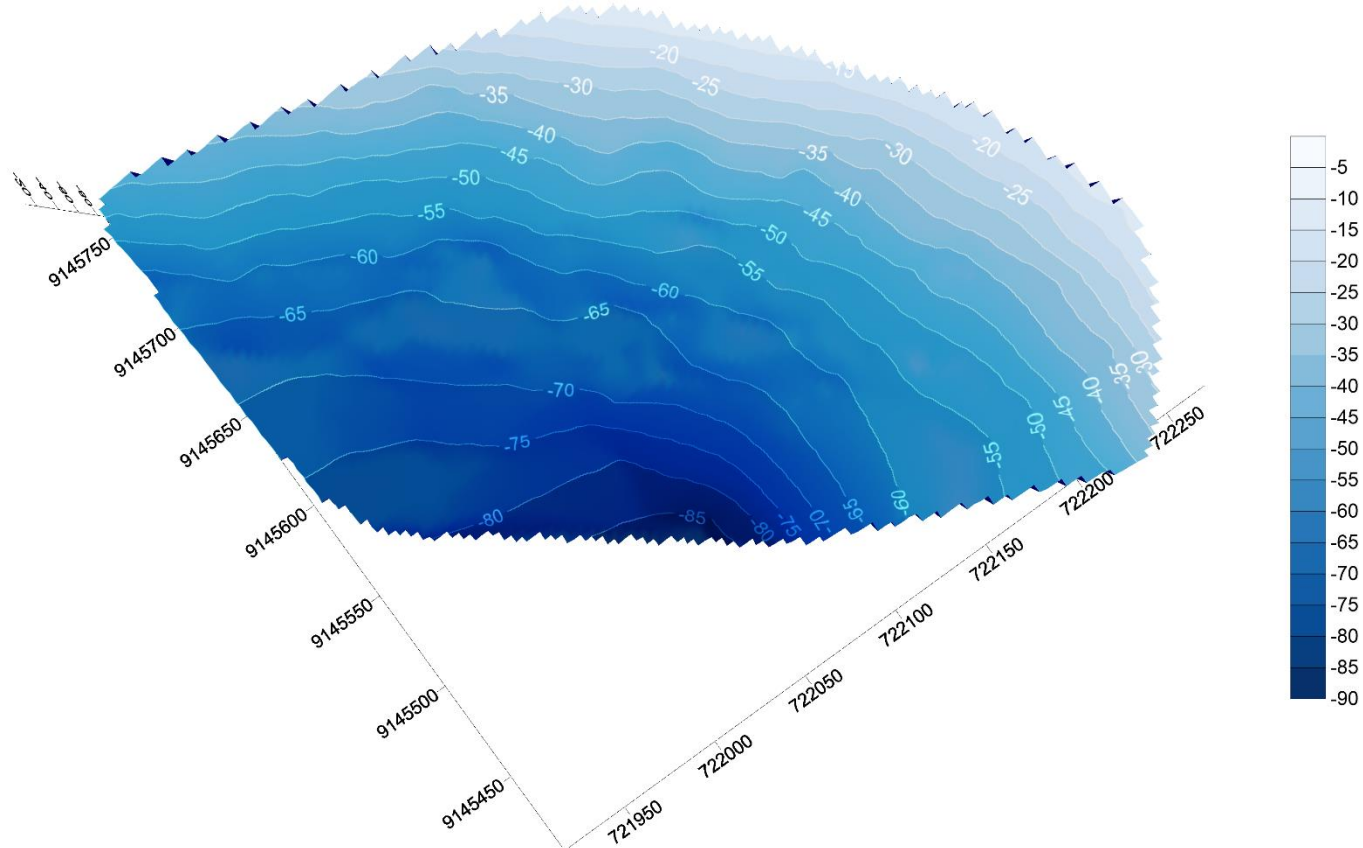


Lampiran 4. Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur

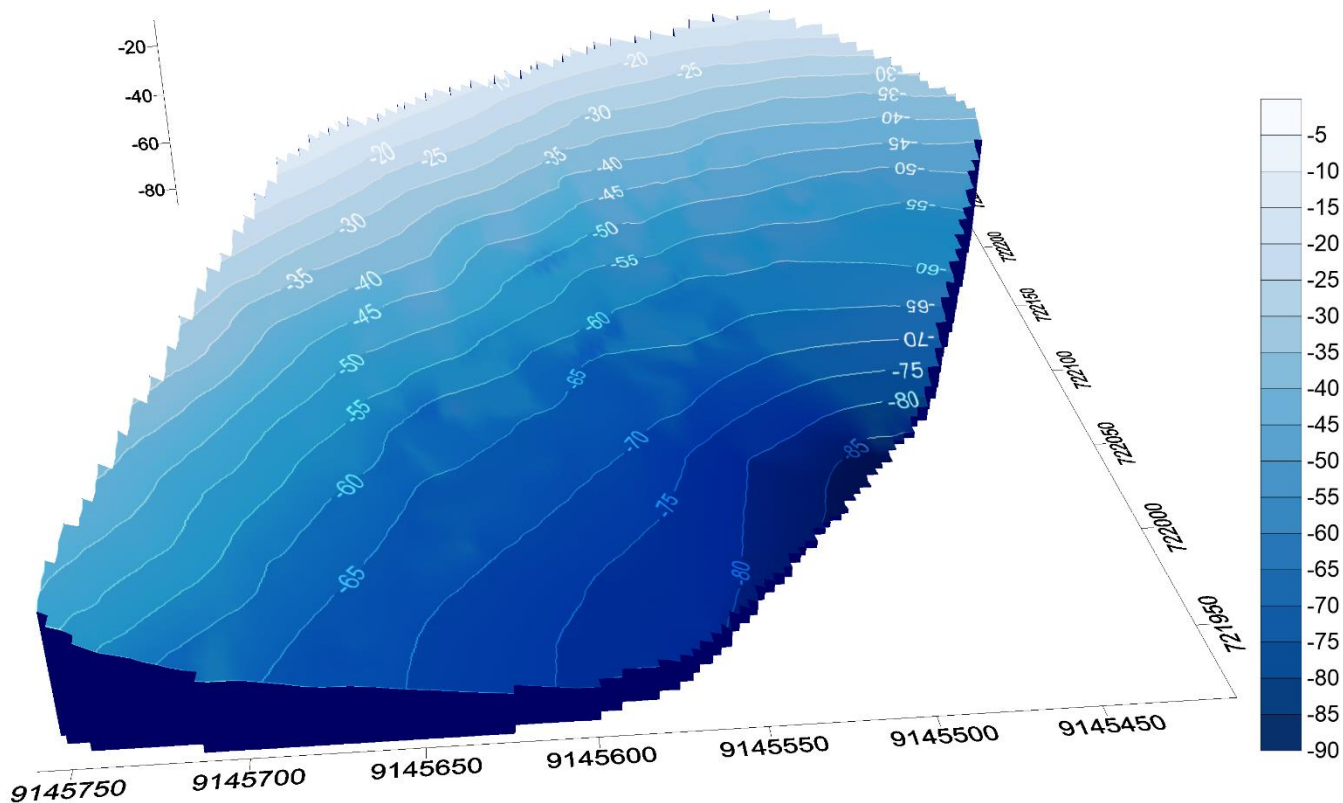
Lampiran 4 Gambar 1. Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur (Tampak Depan)



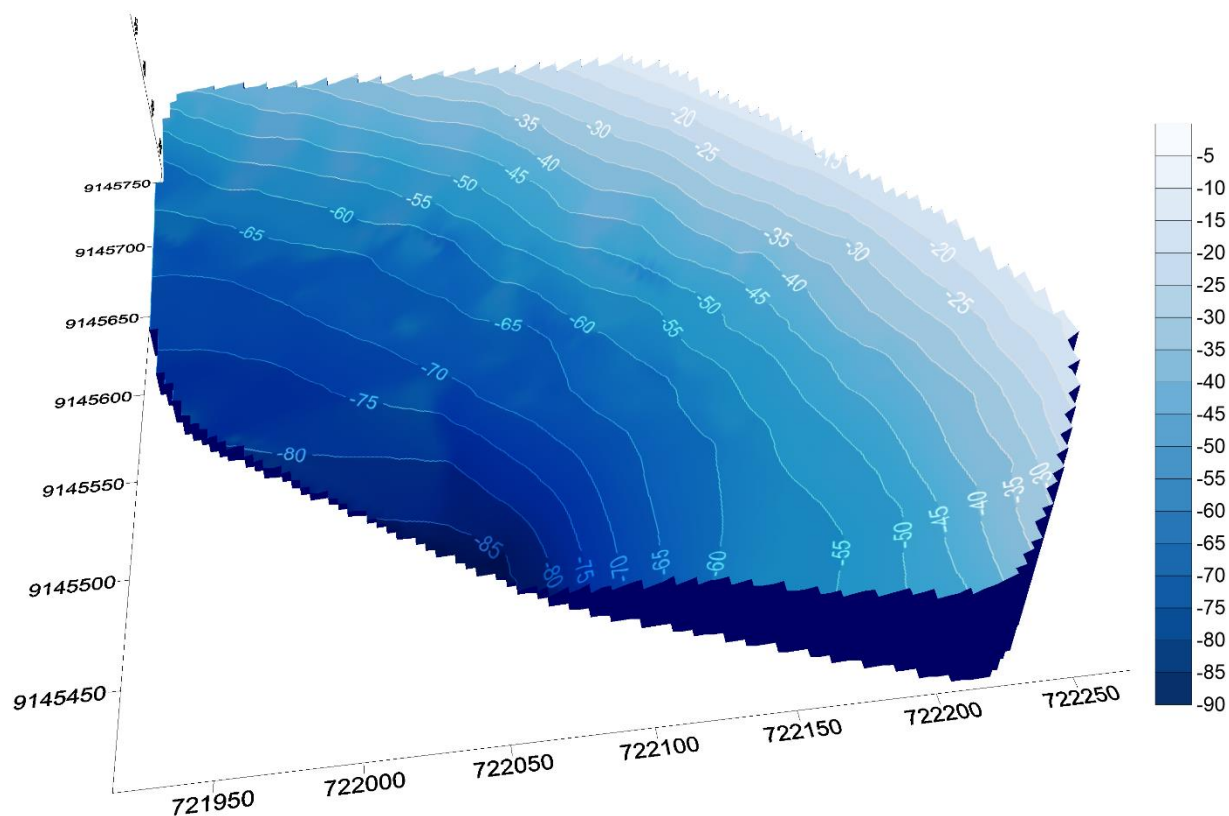
Lampiran 4 Gambar 2. Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur (Tampak Atas)



Lampiran 4 Gambar 3. Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur (Tampak Kiri)



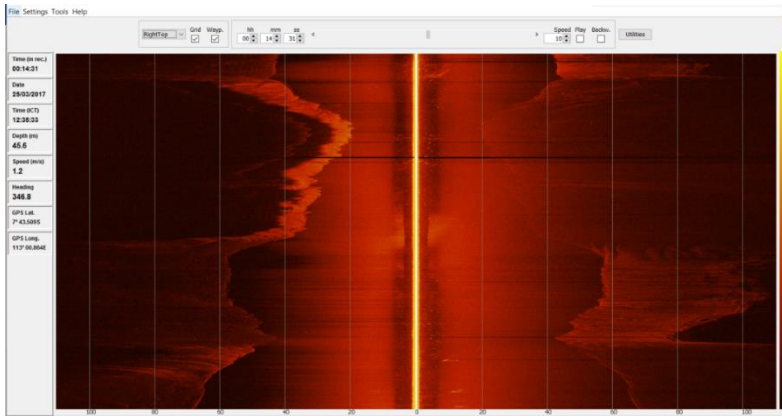
Lampiran 4 Gambar 4. Visualisasi 3D Batimetri Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur (Tampak Kanan)



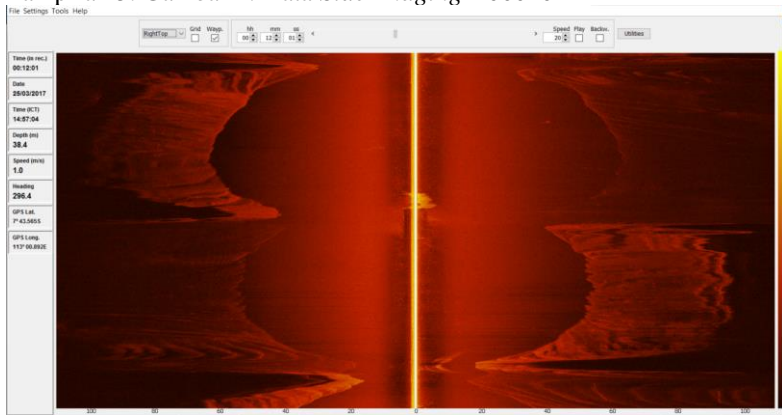


## Lampiran 5. Data Dari Hasil Survei *Side Imaging* Menggunakan Wahana *USV (Unamnned Surface Vehicle)*

### Lampiran 5. Gambar 1. Data *Side Imaging* R00008



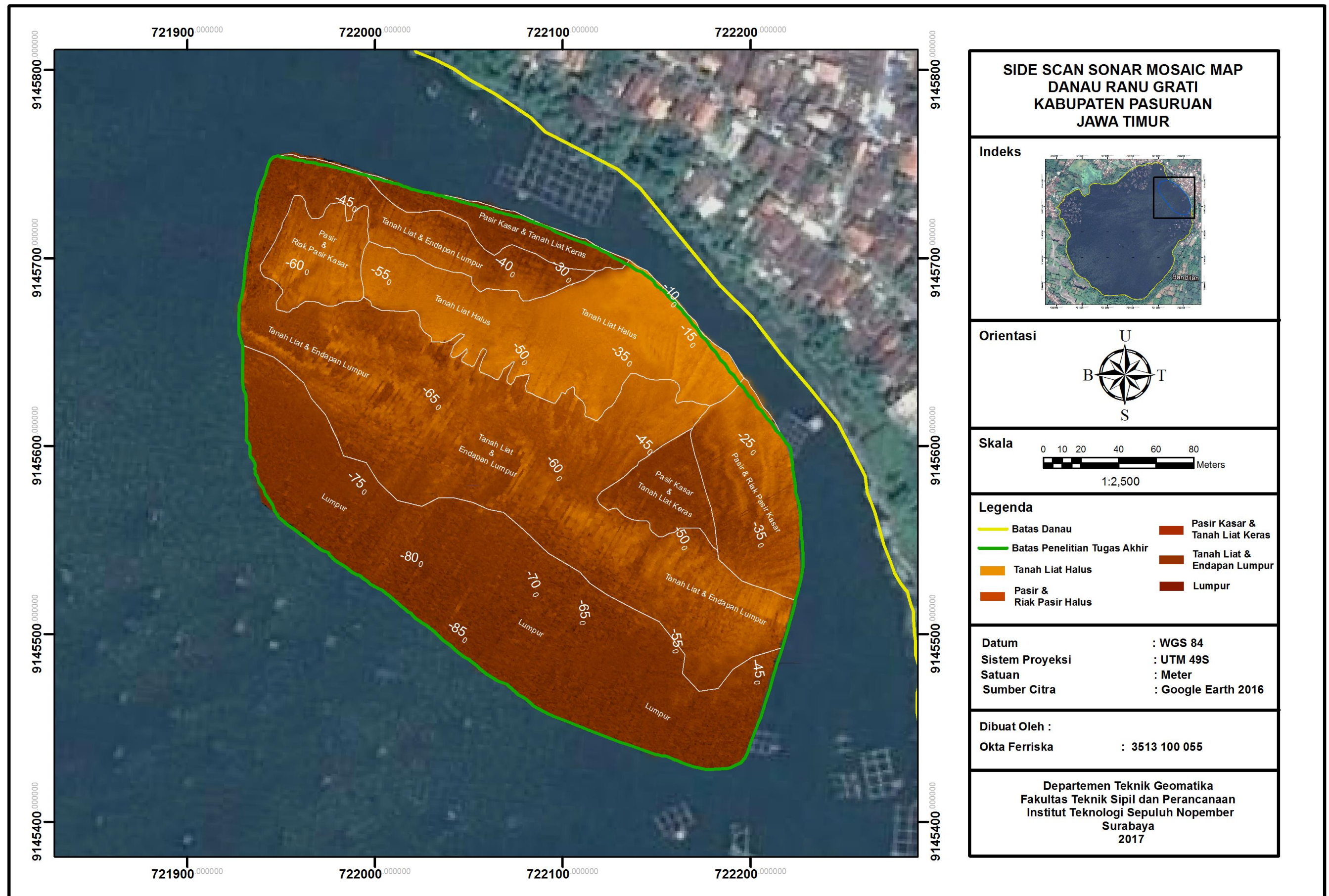
### Lampiran 5. Gambar 2. Data *Side Imaging* R00010





**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

Lampiran 6. *Side Scan Sonar Mosaic Map* Danau Ranu Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur



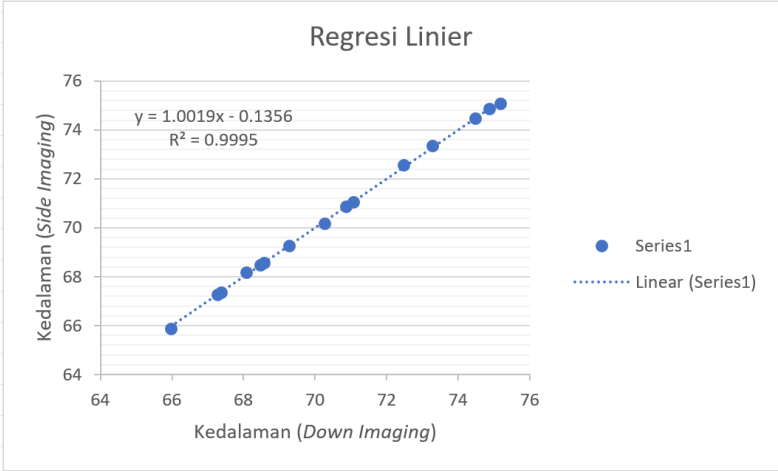


Lampiran 7. Regresi Linier dan Regresi Polinomial

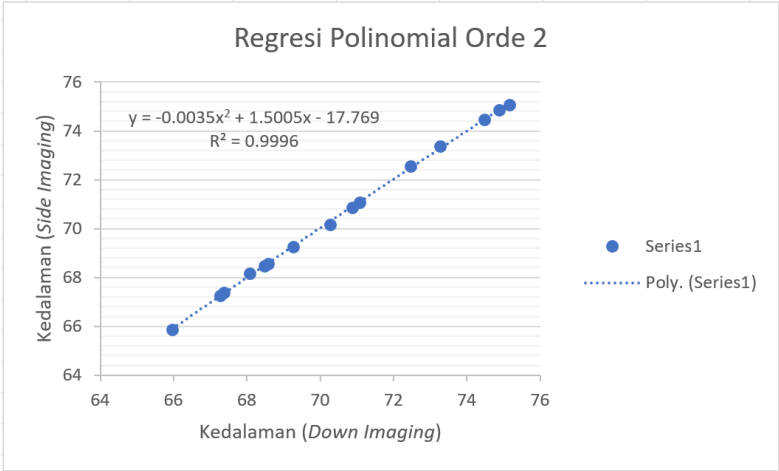
Lampiran 7. Tabel 1. Sampel Data Regresi

Point	Kedalaman ( <i>Down Imaging</i> )	Kedalaman ( <i>Side Imaging</i> )
19	65.97	65.87
20	67.37	67.37
21	67.27	67.27
22	68.07	68.17
23	69.27	69.27
24	70.87	70.87
25	75.17	75.07
26	74.87	74.87
27	74.47	74.47
28	73.27	73.37
29	72.47	72.57
30	71.07	71.07
31	70.27	70.17
32	68.57	68.57
33	68.47	68.47

Lampiran 7. Grafik 1. Grafik Regresi Linier






Lampiran 7. Grafik 2. Regresi Polinomial Orde 2







Lampiran 8. Dokumentasi

No	Foto	Keterangan
1		Tahap Pembuatan Wahana <i>USV</i>
2		Tahap Pembuatan Wahana <i>USV</i>
3		Tahap Pembuatan Wahana <i>USV</i>

4		<p>Hasil Jadi Wahana <i>USV</i> Setelah Pengecetan dan Pemasangan Alat Gerak</p>
5		<p>Wahana <i>USV</i> melakukan uji beban, daya apung dan kebocoran di Danau Delapan ITS.</p>
6		<p>Wahana <i>USV</i> melakukan uji kestabilan ketika manuver di Danau Delapan ITS.</p>

7		<p>Pengecekan ketepatan pembacaan kedalaman oleh sensor akustik dan rambu ukur. Rambu ukur menunjukkan tinggi air pada angka 0.30 sedangkan sensor akustik menunjukkan kedalaman 0.33.</p>
8		<p>Pengukuran Batimetri di Danau Ranu Grati dengan Menggunakan Wahana USV</p>



9		<p>Peneliti Melakukan pengukuran Batimetri di Danau Ranu Grati dengan Menggunakan Wahana <i>USV</i></p>
10		<p>Pengukuran Batimetri di Danau Ranu Grati dengan Menggunakan Wahana <i>USV</i></p>

## BIODATA PENULIS



Okta Ferriska, dilahirkan di Sungailiat, 02 Oktober 1995. Merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Samsu Hasan dan Fetty Satryani. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Maria Goretti Sungailiat, SMPN 1 Sungailiat, dan SMAN 1 Pemali. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah Strata-1 di Departemen Teknik Geomatika FTSP-ITS tahun 2013 dan terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 3513100055. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai Staff Departemen Hubungan Luar Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik

Sipil dan Perencanaan (BEM – FTSP) ITS, tahun 2014/2015 dan menjadi Ketua Departemen Hubungan Luar BEM – FTSP ITS pada tahun 2015/2016. Selain itu penulis juga pernah menjadi Anggota Terpilih Forum Komunikasi Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia ( Forkom - IMGI) untuk region ITS pada tahun 2014/2015. Penulis telah melakukan kerja praktik di PT. Timah (Persero) Tbk. Untuk menyelesaikan Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian *Geomarine* dengan spesifikasi bidang Hidrografi/Oseanografi dengan judul *Survei Batimetri di Perairan Dangkal dengan Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle)*. Jika ingin menghubungi penulis dapat menghubungi melalui email [okta.ferriska@gmail.com](mailto:okta.ferriska@gmail.com).

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**